ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

ARGENTINA

DIRECTOR: ALBERTO G. URCELAY

JULIO-SETIEMBRE 1955 — ENTREGAS I, II y III — TOMO CLX

SUMARIO

Pág.

EDITORIAL 3

ENRIQUE LOEDEL P. — Un nuevo principio que permite calcular directamente los potenciales gravitatorios (g_{ik}) de Einstein 7

REINALDO VANOSSI. — Identificación del cromo 37

NECROLOGÍA 53

BIBLIOGRAFÍA 57

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1955

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
17 APR 1956

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

SOCIOS HONORARIOS

Dr. Bernardo A. Houssay
Dr. Alberto Einstein †
Dr. Pedro Visca †
Dr. Mario Isola †
Dr. Germán Burmeister †
Dr. Benjamín A. Gould †
Dr. R. A. Phillippi †
Dr. Guillermo Rawson †
Dr. Carlos Berg †
Dr. Valentín Balbín †
Dr. Florentino Ameghino †
Dr. Carlos Darwin †
Dr. César Lombroso †
Ing. Luis A. Huergo †
Ing. Vicente Castro †
Dr. Juan J. J. Kyle †
Dr. Estanislao S. Zeballos †
Ing. Santiago E. Barabino †
Dr. Carlos Spegazzini †
Dr. J. Mendizábal Tamborel
Dr. Walter Nernst †
Dr. Cristóbal M. Hicken †
Dr. Angel Gallardo †
Dr. Eduardo L. Holmberg †
Ing. Guillermo Marconi †
Ing. Eduardo Huergo †
Dr. Enrique Ferri †

CONSEJO CIENTIFICO

Ing. José Babini; Dr. Horacio Damianovich; Prof. Carlos E. Dieulefait; Dr. Gustavo A. Fester; Dr. Joaquín Frenguelli; Dr. Josué Gollan (h.); Dr. Bernardo A. Houssay; Dr R. Armando Marotta; Ing. Agr. Lorenzo R. Parodi; Dr. Alfredo Sordelli; Dr. Reinaldo Vanossi.

JUNTA DIRECTIVA

(1952 - 1953)

Presidente	Doctor Abel Sánchez Díaz
Vicepresidente 1º	Ingeniero Naval Edmundo Manera
Vicepresidente 2º	Ingeniero Pedro Mendiondo
Secretario de actas	.....
Secretario de correspondencia.	Agrimensor Antonio M. Saralegui
Tesorero	Ingeniero Enrique G. E. Clausen
Bibliotecario	Ingeniero Agrónomo Carlos A. Lizer y Trelles
Vocales	Doctor Alberto Castellanos
	Doctor Pedro Cattaneo
	Capitán de Navío Emilio L. Díaz
	Doctor Alberto González Domínguez
	.....
	Doctor Pablo Negroni
	.....
	.....
Suplentes	.....
	Ingeniero Ignacio Raver
	Ingeniero Francisco M. Elizondo
	Ingeniero Juan Esperne
	Doctor Emilio L. González
	Doctor Fernando Gorriti
	Arquitecto Simón Lagunas
Revisores de balances anuales	Doctor Antonio Casacuberta
	Arquitecto Carlos E. Géneau

ADVERTENCIA.— Los colaboradores de los Anales son personalmente responsables de la tesis sustentada en sus escritos. Tienen derecho a la corrección de dos pruebas. Los que deseen tirada aparte de 50 ejemplares de sus artículos, deben solicitarla por escrito. Artº 10 del Reglamento de los "ANALES" (modificado por la J. D. en su sesión de fecha 4 de septiembre 1941). Los escritos originales destinados a la Dirección de los "Anales", serán remitidos a la Gerencia de la Sociedad, avenida Santa Fe 1145, a los efectos de registrar la fecha de entrega para luego enviarlos al señor Director. La Sociedad no tomará en consideración las observaciones de los autores que se refieran a cualquier anormalidad, si no se ha cumplido con el requisito indicado.

Impreso en los Talleres Gráficos "TOMAS PALUMBO" - La Madrid 311-325 - Buenos Aires

ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

ARGENTINA

DIRECTOR: ALBERTO G. URCELAY

TOMO CLX

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1955

¡Libertad!

Esta mágica palabra, la misma que repite con énfasis nuestro himno nacional, resplandece otra vez en nuestra patria. Al conjuro de ella, la Sociedad Científica Argentina retoma su senda de labor en el año octogésimo cuarto de su existencia, y se prepara con entusiasmo para seguir el derrotero trazado por los claros designios de sus ilustres fundadores.

He aquí el texto del acta de recuperación de nuestra sede social:

Primer testimonio. Número quinientos diez. — Acta de posesión. Sociedad Científica Argentina.

En la ciudad de Buenos Aires, Capital de la República Argentina, a los veinte y cuatro días de setiembre de mil novecientos cincuenta y cinco, siendo las diez y ocho horas, el suscripto, escribano Miguel T. Bertomeu, se constituye, a requerimiento del doctor Abel Sánchez Díaz, casado, mayor de edad, vecino de esta ciudad, hábil, de mi conocimiento, doy fe, en el edificio propiedad de la Sociedad Científica Argentina, sito en esta Capital, calle Santa Fe número mil ciento cuarenta y cinco, y en presencia de los testigos que al final firman y de numerosos asociados y miembros de la Junta Directiva de dicha Sociedad, el doctor Sánchez Díaz que manifiesta ser Presidente de la misma, me solicita deje constancia de lo siguiente: Primero: Que la Sociedad Científica Argentina, que cuenta con la debida personería jurídica y ha sido fundada en el año mil ochocientos setenta y dos por el doctor Estanislao S. Zeballos y un grupo de preclaros argentinos funciona normalmente en este edificio de su entera propiedad desde el año mil novecientos treinta y cuatro. Segundo: Que en la primera quincena del mes de abril del año mil novecientos cincuenta y tres debía, de acuerdo a sus estatutos, celebrarse la Asamblea General Ordinaria, a fin de integrar su Junta Directiva, aprobar Memoria y Balance y tratar los demás puntos de la orden del día. Tercero:

Que dicha Asamblea no pudo nunca realizarse, pese a las numerosas gestiones realizadas por el Presidente de la Sociedad y la Junta Directiva, sin que mediara razón legal alguna para ello. No se dió ninguna explicación limitándose la prohibición a meras manifestaciones verbales de la autoridad policial. Cuarto: En tal estado de cosas, la Sociedad siguió funcionando en forma sumamente precaria, pues se le prohibió realizar actos públicos, conferencias y ofrecer el Salón de Actos. En el mes de mayo de mil novecientos cincuenta y tres el exponente, a raíz de una citación verbal hecha por el Contralmirante Alberto Teisaire concurrió a la oficina de Gestión Universitaria del Ministerio de Educación, donde el doctor Spagnuolo, a cargo de esa dependencia, le consultó si la Sociedad Científica Argentina estaría dispuesta a facilitar parte de su edificio y colaboraría en la organización de un Instituto que se llamaría « Instituto Popular de Cultura Social ». Que ante las circunstancias imperantes en esa época, la Sociedad debió acceder a esa solicitud, cambiándose notas al respecto. Quinto: Que sin que el cambio de notas aludido produjera efecto alguno, en el mes de junio del mismo año mil novecientos cincuenta y tres llegaron al edificio social varios obreros pintores quienes manifestaron que tenían orden de pintar el interior del mismo para que fuera ocupado por una entidad denominada « Confederación General de Profesionales ». De tal modo se sucedieron diversos actos de posesión por parte de dicha entidad, ampliamente apoyada por las autoridades contra la cual la Junta Directiva, totalmente inerme, nada pudo hacer. En esa serie de actos violatorios de claros y precisos derechos de la Sociedad, se fué relegando a la Junta Directiva al salón de la Biblioteca del tercer piso, apropiándose la citada Confederacin de la planta baja, donde funcionaba la Junta Directiva, Secretaría y Gerencia y el primer piso donde se encuentra el gran salón de actos Florentino Ameghino. El segundo piso continuó ocupado por dependencias del personal de ordenanzas. Sexto: De tal modo la Sociedad debió limitarse a una vida totalmente precaria, siendo su edificio ocupado por más de veinte personas, entre personal y directores de la citada Confederación. Con gran sacrificio continuó, sin embargo, editando sus Anales y atendiendo su Biblioteca. Séptimo: Reitera el doctor Sánchez Díaz, que ni la citada Confederación ni autoridad nacional alguna, cur-

só nota, pedido o procedimiento alguno que diese aunque fuera relativa legalidad a lo que a todas luces era una usurpación del local. Octavo: Que atento a los hechos de pública notoriedad iniciados el día diez y seis del corriente y tomando especialmente en cuenta las manifestaciones vertidas en el día de ayer por el Excelentísimo Señor Presidente Provisional de la República, General de División Don Eduardo A. Lonardi, en el sentido de que su Gobierno devolverá al país el pleno vigor de sus leyes y la total vigencia del derecho en todos los aspectos de la vida nacional, entiende la Sociedad Científica Argentina, que, para subrayar tales conceptos, sólo cabe que la Sociedad retome el pleno ejercicio de la posesión del edificio que le fué arbitrariamente usurpado, haciéndolo así saber a la entidad usurpadora y al Poder Ejecutivo Nacional. Noveno: En ejecución de lo que antecede, y ampliamente apoyado por una verdadera asamblea de socios presentes a este acto, integrada por los señores Tomás F. Lynch, Américo de Michino, Hugo Albertelli, Antonio María Saralegui, Angel Figini, Ludovico Ivanissevich, Edmundo Parodi, Julio Vela Huergo, Alberto González Domínguez, Venancio Deulofeu, Enrique E. Clausen, Nicolás Besio Moreno, Alberto G. Urcelay, Pedro Mendiondo, Reinaldo Vanossi, Pedro Cattáneo, Edmundo Manera, José S. Gandolfo, Carlos A. Bertomeu, Abel Cornejo, Enrique Chanourdie y Eduardo Braun Menéndez, declara solemnemente que la Sociedad Científica Argentina toma la plena posesión de su edificio social, debiendo notificarse a la nombrada Confederación General de Profesionales que quedan a su disposición los muebles y documentos que puedan ser de su propiedad, previa comprobación de la misma. Se le dará para ello un plazo de quince días y en caso de no proceder a dicho retiro se depositarán dichos efectos en donde corresponda, notificándose a las autoridades pertinentes. Décimo: Que el justo derecho que asiste a la Sociedad Científica Argentina para la ejecución de los actos a que ha hecho referencia, se informa en los principios inmamentes de la justicia, que por obra del patriotismo de todos los argentinos ha vuelto a imperar en la República Argentina y se invoca para dar plena vigencia moral y material a tales hechos la memoria de los ilustres argentinos que fundaron y dirigieron la Sociedad durante ochenta y tres años, teniendo por único norte el bien de la Patria, en su unidad indestructible

y el progreso de las Ciencias. Concluye esta exposición el doctor Sánchez Díaz, solicitándome expida testimonio de la presente para notificarla a la Confederación General de Profesionales en la persona de su Director Secretario doctor Rogelio Caso y a la Inspección General de Justicia. Leída que le fué se ratificó en su contenido y firma en prueba de conformidad junto con los testigos del acto que lo fueron los señores Nicolás Besio Moreno y Enrique G. Clausen, vecinos, mayores de edad, hábiles y de mi conocimiento, doy fe. Abel Sánchez Díaz, E. Clausen, N. Besio Moreno. Hay un sello. Ante mí: Miguel T. Bertomeu.

CONCUERDA con su escritura matriz que pasó ante mí y queda al folio mil doscientos cincuenta y siete del Registro doscientes diez y ocho a mi cargo, doy fe. Para la Sociedad interesada expido este primer testimonio en tres sellos de dos pesos moneda nacional de curso legal cada uno, numerados: del doscientos setenta y un mil quinientos sesenta al presente doscientos setenta y un mil quinientos sesenta y dos que sello y firmo en la ciudad de Buenos Aires a veinte y seis de setiembre de mil novecientos cincuenta y cinco.

UN NUEVO PRINCIPIO QUE PERMITE CALCULAR DIRECTAMENTE LOS POTENCIALES GRAVITATORIOS (g_{ik}) DE EINSTEIN

POR

ENRIQUE LOEDEL P.

1. Los dos enunciados originales del principio de equivalencia. — Einstein dió, de su principio de equivalencia, dos enunciados que no son totalmente coincidentes entre sí. El *segundo enunciado* puede expresarse así: El sistema inercial K y el sistema K′, con movimiento uniformemente acelerado respecto a K, son entre sí completamente equivalentes (1). El *primer enunciado*, en cambio, podría expresarse del modo siguiente: Una pequeña región de un campo gravitatorio Q, donde los cuerpos caen con la aceleración g, es equivalente a un sistema K' que se mueve, respecto a otro sistema inercial K, con movimiento uniformemente acelerado y con la aceleración g (2).

En el segundo enunciado se relaciona K con K' y en el primero K' con Q. En ambos enunciados se emplea la misma palabra: *equivalencia*, pero con diferente sentido. El segundo enunciado es una generalización del principio de relatividad y los sistemas K y K' son equivalentes para la formulación de las leyes de la naturaleza que, para satisfacer el principio, deben ser expresadas tensorialmente, conservando así su forma cuando se pasa de un sistema de coordenadas a otro. En el primer enunciado, en cambio, la palabra equivalencia se refiere al *comportamiento* observado en la región Q del campo y en el sistema K'. Según este enunciado la

(1) A. Einstein. — « Die Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie ». *An. der Phys.*, 49, 769, 1916.

« The Meaning of Relativity ». Princetown University Press, 1945.

(2) A. Einstein. — « Uber den Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes ». *Ann. der Phys.*, 35, 898, 1911.

equivalencia entre Q y K' debe interpretarse así: Todo lo que se observe que pasa en Q será igual a lo que se observe que pasa en K'. Pues bien, si en Q los cuerpos caen con la aceleración g y K' se mueve *respecto* a K con la aceleración constante g, es fácil probar que Q y K' no se comportan de la misma manera. Ese enunciado es sólo válido dentro del marco de la mecánica newtoniana, pero deja de serlo, como veremos, si se admite la relatividad restringida. Observemos que en la memoria de 1911 Einstein aplica al sistema K', en movimiento uniformemente acelerado respecto al sistema inercial K, la mecánica newtoniana « para no complicar las cosas ».

Si K' se mueve *respecto* a K con movimiento uniformemente acelerado, desde K se observará, a medida que aumenta la velocidad de K', que sus relojes marchan cada vez más despacio y que sus reglas de medida se acortan cada vez más y más si se las coloca en la dirección del movimiento. Un cuerpo de masa m_0 suspendido del « techo » de la caja K' por un resorte, producirá en el mismo un estiramiento cada vez mayor y este aumento de « peso » sería verificado desde K y *también por los observadores situados en el interior de la caja.* El « peso » observado en la caja que podemos suponer que se mueve en la dirección del eje x será:

$$\text{« Peso »} = F'_{x'} = F_x = \frac{d}{dt}\left(\frac{m_0 v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right) = \frac{m_0}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{3/2}} \cdot \frac{dv}{dt},$$

y si $\dfrac{dv}{dt} = g$ = constante, el peso resulta variable.

La aceleración de caída de los cuerpos observada en el interior de la caja sería también variable e iría aumentando con el tiempo, hasta hacerse infinita, cuando la caja alcanzara la velocidad de la luz. Todo esto es perfectamente conocido por lo cual si se quiere que los observadores del interior de la caja observen que el peso y la aceleración de caída permanecen constantes debe suponerse que la misma se mueve, respecto a K, *no con movimiento uniformemente acelerado*, sino con un movimiento tal que

$$\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-3/2} \cdot \frac{dv}{dt} = \text{constante}.$$

Este es el movimiento llamado por BORN hiperbólico (1). En él lo que es constante es la aceleración propia, pero no la aceleración respecto a K. Una caja que se mueva en estas condiciones, se comporta, para los observadores situados en su interior, exactamente igual que determinada región de un campo gravitatorio, pero su *comportamiento exterior* es variable. Si desde K se observa lo que pasa en el campo y lo que pasa en la caja, el comportamiento es diverso. En esta última sus relojes tienden a detenerse a medida que su velocidad se aproxima a la de la luz y por esto se observaría desde K un corrimiento hacia el rojo de las líneas espectrales cada vez más pronunciado.

De modo pues que, ya sea dándole a la caja K' un movimiento uniformemente acelerado respecto a K, o un movimiento hiperbólico, no es posible lograr que K' se comporte *permanentemente* —durante un tiempo finito— igual que la región Q. Cuando se habla de una región de un campo gravitatorio y se quiere reproducir lo que pasa en el mismo por el movimiento de un sistema K', respecto a un sistema inercial K, se reconoce de inmediato que tal reproducción sólo será factible si se limita la región Q del campo a dimensiones infinitamente pequeñas, considerando, por ejemplo, un pequeño paralelepípedo de dimensiones dx, dy, dz, pues la aceleración de caída varía en dirección y magnitud de punto a punto. Si ahora consideramos la caja K' que se mueve respecto a K de cierto modo (p. ej. con movimiento uniformemente acelerado) debemos preguntarnos también en que instante se comportará de un modo exactamente igual que la región considerada Q. El comportamiento idéntico entre la región dx, dy, dz, del campo y la caja en movimiento se verificará sólo en un intervalo infinitamente pequeño dt.

Cuando se trata del principio de equivalencia —en su primer enunciado— se piensa, generalmente, que una pequeña región de un campo gravitatorio queda completamente definida si se conoce la aceleración de caída en la misma. Pero esto no es cierto ni siquiera en el marco de la mecánica newtoniana. Consideremos, por ejemplo, un punto de la superficie de la Tierra donde la aceleración es g y otros dos puntos del campo gravitatorio solar,

(1) Cf. MAX VON LAUE. — « Das Relativitätsprincip ». Tomo I, pág. 72.

uno exterior y otro interior, donde la aceleración sea también g. Para estas tres regiones la aceleración —el gradiente del potencial— es la misma, pero el potencial es diferente. En la superficie de la Tierra la velocidad parabólica o de escape, cuyo cuadrado da una medida del potencial newtoniano, es de 11,17 km/seg y en los puntos considerados del campo solar sería de 270 y 763,6 km/seg (1). ¿Se comportan estas tres regiones en forma idéntica? Tenemos sobrados motivos para pensar que no es así, por lo cual podemos concluir que no es suficiente suponer que una caja K' se mueva con la aceleración del lugar para que se comporte como dicho lugar, pues si así fuera, esas tres regiones consideradas serían «equivalentes» a la caja K' y por lo tanto «equivalentes» entre sí.

Se desprende de todo esto que puede no ser del todo correcto el primer enunciado (*y no lo es*) y ser correcto el segundo (*¡y claro que lo es!*) pues siempre, cualquiera que sea el movimiento de K' respecto a K, los observadores de K' podrán suponerse en reposo en un *campo gravitatorio variable.*

2. Principio de la velocidad parabólica. — Pensemos en una pequeña región Q, concreta, de un campo gravitatorio estático y supongamos que podemos observar lo que pasa en Q desde otra región K, muy alejada de Q, donde el campo sea prácticamente nulo. K es entonces una región galileana donde vale la relatividad restringida y Q está en reposo respecto a K. En la región K hacemos mover la caja K' y nos preguntamos: *¿Qué aceleración y qué velocidad* debe tener K' respecto a K para que su comportamiento sea igual al de la región Q? Para contestar a esta cuestión comenzaremos por suponer que el campo generado por la masa M (fig. 1) tiene simetría esférica. Supondremos además, indicando con r la distancia al centro de la masa M, que para todo $r \geqq R$ el campo se hace despreciable o sea menor que cierto valor ε fijado de antemano. La superficie esférica de radio R limita el campo de la región galileana K. Desde K puede observarse lo que pasa en la región Q y en la caja K', *que hacemos mover en la región galileana.* Queremos encontrar el movimiento que debe tener K', respecto a K, para que su comportamiento, *en un instante dado,* sea

(1) Este último valor se calculó suponiendo constante la densidad del sol.

igual al de Q. Si tal cosa es posible, las reglas de medida y los relojes transportados por K' se comportarán, observados desde K, y en un intervalo infinitamente pequeño dt, de modo exactamente igual que las reglas y los relojes de la región Q. En ese instante el peso de una misma masa m_0 será igual en Q y en K'.

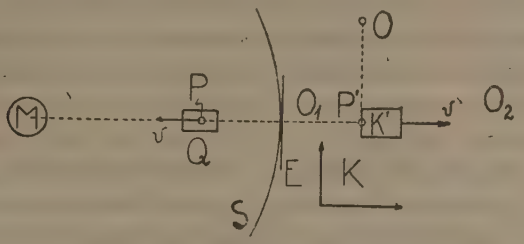


FIG. 1.

Supondremos ahora que desde la superficie esférica de radio R lanzamos radialmente hacia la masa M pequeñas partículas P dotadas de diferentes velocidades iniciales V_i y hacemos que nuestra caja K' se mueva en cada caso exactamente igual que las partículas que van cayendo hacia M. Puede pensarse que un determinado punto de la caja K' coincide en todo momento con la imagen P' que un espejo plano E, colocado en S, perpendicularmente al radio de caída, daría de la partícula que va cayendo. La partícula P va pasando entonces por diferentes regiones del campo con una velocidad variable cuyo valor depende de la velocidad inicial V_i con que partió de la superficie S. Se trata ahora de hallar la velocidad V_i *adecuada* para que la caja K' se comporte igual que las regiones Q por donde va pasando la partícula que cae libremente. Como los relojes y las reglas de medida situados en el campo, pero *en la inmediata vecindad de la superficie S*, deben comportarse igual a los relojes y las reglas fijas al sistema K, será necesario que la velocidad inicial V_i difiera infinitamente poco de cero. Si esa velocidad V_i fuera diferente de cero ya desde el comienzo del movimiento las reglas y los relojes de K' se comportarían, observados desde K, en forma diferente a las reglas y a los relojes situados en los lugares correspondientes del campo. Concluímos de aquí, que en el límite, en el infinito, esa velocidad inicial V_i debe ser nula. La caja K' debe moverse entonces con la velocidad parabólica de los puntos (en plural) de la región que se considere.

Si existe, pues, una *equivalencia* en el sentido del primer enunciado de Einstein entre una pequeña región Q de un campo gravitatorio y un sistema K' con movimiento variable respecto a un sistema inercial K, dicha equivalencia (comportamiento idéntico) se logra cuando K' se mueva con la aceleración de la región y en el instante en que alcance a tener una velocidad igual a la velocidad parabólica de la misma. Si pensamos en el ejemplo del párrafo anterior y hacemos que K' se mueva con la aceleración g, se comportará igual que los puntos de la superficie de la Tierra cuando su velocidad sea igual a 11,17 km/seg, en tanto que cuando llegue a tener respecto a K una velocidad de 270 km/seg ó 760,6 km/seg se comportará como las regiones consideradas del campo solar. Pero esto que precede no es estrictamente correcto. Lo sería si la aceleración de caída no dependiera de la velocidad como ocurre en la mecánica newtoniana. Pero en una mecánica donde la velocidad no puede sobrepasar cierto valor, debemos admitir, *a priori*, que la aceleración de caída deberá ser función de la velocidad. Por esta razón no puede hablarse así, simplemente, de la aceleracin de caída en tal región sin especificar la velocidad. La aceleración para el reposo es una, para la velocidad parabólica es otra y para otra velocidad inicial distinta tendremos también otra aceleración diferente.

Hemos demostrado que para que K' se comporte igual a Q *es necesario* que K' se mueva con la velocidad parabólica de los puntos de la región Q (y por lo tanto con la aceleración de caída correspondiente a una velocidad igual a la parabólica), pero no hemos demostrado que tal condición sea *suficiente*. Y no lo hemos demostrado por la sencilla razón que tal demostración es imposible, pues la gravitación no está comprendida en la relatividad restringida. Por este motivo el siguiente enunciado tiene el carácter de un postulado físico, o de un principio, sobre el cual sólo la experiencia podrá decidir:

El comportamiento de una pequeña región Q de un campo gravitatorio estático, en reposo respecto a un sistema inercial K, es exactamente igual al de un sistema K' que se mueva respecto a K con la velocidad parabólica de los puntos de la región considerada y en la dirección del gradiente del potencial.

En todo lo que precede hablamos de potencial y su gradiente

en sentido newtoniano. Ya veremos a su debido tiempo cómo se expresan los 10 potenciales gravitatorios de Einstein en función del potencial newtoniano y sus derivadas y veremos también que los g_{ik} calculados por el principio que acabamos de establecer satisfacen las ecuaciones del campo: $R_{ik} = 0$.

Adelantemos desde ya que tal cosa es posible porque la velocidad parabólica *« medida en el campo » tiene en cada región un valor que no depende de la dirección,* lo que también se demostrará más adelante.

3. Significado del principio. — Cuando decimos que una región Q se comporta en idéntica forma que el sistema K', que tiene un movimiento variable respecto a K, es obvio que subsiste aún una diferencia: K' se mueve respecto a K y Q está en reposo respecto a K. También es obvio que sólo con ciertas precauciones podrán aplicarse las fórmulas de Lorentz para pasar de K' a K, pues el movimiento de K' no es uniforme, y en *ningún caso* (composición de velocidades, por ejemplo) tendría sentido aplicar dichas fórmulas para pasar de K a Q.

Pero en el instante en que K' alcanza la velocidad v, una regla en reposo en el sistema K', cuya longitud propia es dr' (medida por los observadores de K'), aparece, si está colocada en la dirección de la velocidad relativa, con una longitud dr medida desde K, tal que:

$$dr = dr' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \qquad [1]$$

Del mismo modo, si un reloj en reposo en K' indica un intervalo de tiempo dt', a ese intervalo corresponde un tiempo dt de los relojes situados en K, tal que:

$$dt = \frac{dt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad [2]$$

Nuestro principio afirma que las relaciones [1] y [2] son aplicables a una región de un campo gravitatorio siempre que v sea la velocidad parabólica de la región y si la regla se coloca en la dirección con que desde K se observa que caen los cuerpos en Q

cuando su velocidad inicial es nula. Si la regla del sistema K' se coloca perpendicularmente a la velocidad relativa, su longitud dy' o dz' será igual a la longitud dy o dz, medida desde K:

$$dy = dy' \ , \ dz = dz', \qquad [3]$$

y estas relaciones valdrán también para Q cuando la regla de medida se coloca en el campo en dirección perpendicular al gradiente del potencial.

Cuando la [1] y la [2] se aplican a una región Q de un campo, la v que figura en ellas no es una velocidad de traslación, sino una velocidad característica de la región cuyo valor en el infinito debe ser cero. Nada más natural entonces que identificarla con la velocidad parabólica de los puntos del campo. La [1] con la [3] determinan la naturaleza no euclídea del espacio propiamente dicho, determinando la [2] la « curvatura del tiempo ». Veamos el significado de esta afirmación. Consideremos un campo generado por una única masa M, concentrada en un punto, y admitamos que la velocidad parabólica sea la newtoniana:

$$v^2 = \frac{2\,GM}{r} \qquad [4]$$

Con esto la [1] se convierte en:

$$dr = dr' \sqrt{1 - \frac{r_0}{r}} \ , \qquad [5]$$

siendo:

$$r_0 = \frac{2\,GM}{c^2}. \qquad [6]$$

Poniendo

$$\sqrt{1 - \frac{r_0}{r}} = \cos \alpha \qquad [7]$$

se ve que el elemento dr es la proyección sobre el plano euclídeo de dr' (fig. 2). El « plano » no euclídeo será una superficie de revolución alrededor del eje z, tal que:

$$\frac{dz}{dr} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{r_0/r}}{\sqrt{1 - r_0/r}},$$

de la cual se obtiene:

$$z^2 = 4\, r_0\, (r - r_0). \qquad [8]$$

Este paraboloide de revolución es justamente el que se obtiene de la solución de Schwarzschild (1) y se ve de este modo claramente que *la singularidad de aquella solución corresponde al valor* $r = r_0$ *para el cual la velocidad parabólica se hace igual a la de la luz.*

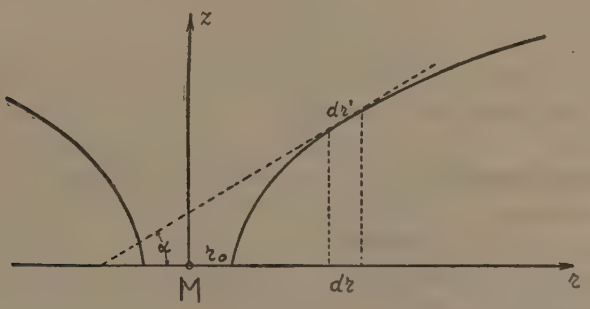


Fig. 2.

El ángulo α definido en [7] es tal que:

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{v}{c}. \qquad [9]$$

Aquí v es la velocidad parabólica de la región y si se consideran dos sistemas inerciales S y S' cuya velocidad sea v, el ángulo α, dado por [9] *es el ángulo de aberración principal de los dos sistemas,* o sea, es el ángulo de aberración medido en un sistema, cuando en el otro la luz se propaga perpendicularmente a la velocidad relativa.

En la fig. 2 la « contracción » de las reglas de medida aparece como una proyección de una superficie no euclídea sobre el plano euclídeo y se advierte la profunda analogía que existe entre esa contracción y la « contracción de Lorentz » si se representan las ecuaciones de Lorentz del modo siguiente (1): Hagamos que el eje

(1) Véase, p. ej.: M. von Laue. — « Die Relativitätstheorie ». Vieweg & Sohn, 1923, tomo II, pág. 216.

(2) Loedel Palumbo, E. — « Aberración y Relatividad ». *Anales de la Sociedad Científica Argentina.* Tomo CXLV, pág. 3, 1948.

x forme con el eje $u = ct$, un ángulo igual a $\frac{\pi}{2} + \alpha$, donde α está dado por [9] y los ejes x' y $u' = ct'$ los trazamos perpendicularmente a u y a x, respectivamente, como muestra la fig. 3. Las fórmulas que permiten pasar de un sistema al otro son:

$$x = x' \cos \alpha + u \operatorname{sen} \alpha$$
$$u = u' \cos \alpha + x \operatorname{sen} \alpha$$

o sea:

$$x' = \frac{x - u \operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha} \qquad [10]$$

$$u' = \frac{u - x \operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha} \qquad [10']$$

y éstas son, justamente, las ecuaciones de Lorentz.

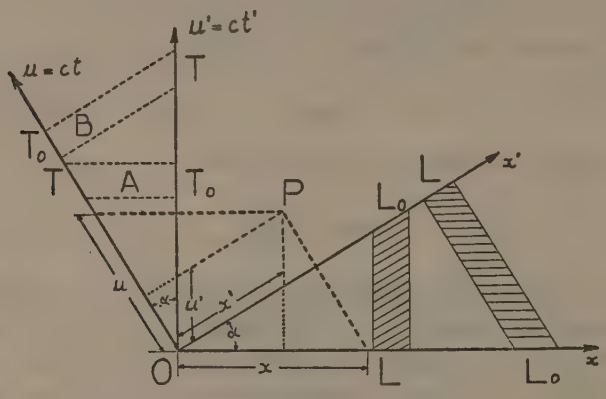


Fig. 3.

En la representación de Minkowski los ejes x y u del sistema S forman un ángulo recto y para los otros sistemas varía el ángulo de los ejes y la unidad de medida. Aquí tenemos, en cambio, para ambos sistemas *la misma unidad* y se ve de inmediato que una regla en reposo, en cualquiera de los dos sistemas, tiene, medida desde el otro, una longitud L, tal que:

$$L = L_0 \cos \alpha$$

pues al determinar una longitud debemos hacer que los extremos del segmento a medir coincidan *simultáneamente* con los extremos

de la regla de medida, por lo cual desde cada sistema se corta la faja especio-tiempo que representa al segmento y por una línea $t =$ constante. En la figura la faja rayada con líneas paralelas a x' representa una regla en reposo en S' y la rayada con líneas paralelas a x corresponde a otra en reposo en S. Se ve también que al tiempo T_0 de un sistema le corresponde un tiempo T del otro, dado por

$$T = \frac{T_0}{\cos \alpha}.$$

En la figura el T_0 de la parte A es el tiempo medido por un reloj en reposo en S' y el T_0 de la parte B el tiempo que marca un reloj en reposo en S.

En la relatividad restringida la [1] y la [2] aparecen como consecuencia de las [10] y la contracción de las longitudes o la dilatación del tiempo dependen de la velocidad relativa de los dos sistemas. En el campo, en cambio, el comportamiento de las reglas de medida y de los relojes colocados en el mismo está dado por su estructura intrínseca y dependen también de una velocidad característica de la región, que por tener que anularse en el infinito, identificamos a la velocidad parabólica.

Observemos también que la [2] con el valor de v dado en [4] da el corrimiento hacia el rojo de las líneas espectrales previsto por la teoría de Einstein y que dicho corrimiento es igual al que corresponde al efecto Doppler transversal si la velocidad es igual a la parabólica. En otros términos: los observadores situados en K comparan lo que pasa en Q y lo que pasa en K'. La caja K', fig. 1, se aleja de algunos observadores de K (0_1, por ej.) y se acerca a otros (0_2, por ej.), en tanto que la región Q no se acerca ni se aleja de ninguno de los observadores de K. Cuando K' alcance la velocidad parabólica de la región Q, un observador tal como 0 que reciba la luz de K' perpendicularmente a la velocidad relativa, percibirá que dicha luz (si proviene de átomos de la misma naturaleza) tiene exactamente la misma longitud de onda que la luz proveniente de Q.

4. La fórmula de Schwarzschild. — Si con reglas y relojes fijos en el campo se mide el elemento lineal ds que separa dos acon-

tecimientos infinitamente vecinos se obtiene:

$$ds^2 = c^2\,dt'^2 - dx'^2 - dy'^2 - dz'^2. \qquad [11]$$

Poniendo

$$\gamma = 1 - \frac{v^2}{c^2}, \qquad [12]$$

y suponiendo que el campo está generado por una única masa M o que tiene simetría esférica y que x' coincide con r, basta aplicar las [1] [2] y [3] y pasar a coordenadas polares, para obtener:

$$ds^2 = c^2\,\gamma\,dt^2 - \frac{1}{\gamma}\,dr^2 - r^2\,d\varphi^2 - r^2\,\mathrm{sen}^2\,\varphi\,d\theta^2. \qquad [13]$$

Esta es la fórmula de Schwarzschild si se sustituye la v de [12] por su valor dado en [4].

Para pasar de [11] a [13] aplicamos la [1], la [2] y la [3], pero de ningún modo las [10], pues eso, como ya lo hicimos notar, no tendría sentido, puesto que Q está en reposo respecto a K. Tampoco pueden aplicarse las fórmulas de Lorentz para calcular el ds^2 pasando del sistema inercial K al sistema acelerado, no inercial K'. En el sistema K', acelerado respecto a K, existe un campo gravitatorio y los coeficientes del ds^2 no pueden ser constantes.

5. La velocidad parabólica medida en el campo y la medida desde el infinito (desde K). — Si se divide [1] por [2] se obtiene:

$$\frac{dr}{dt} = \gamma\,\frac{dr'}{dt'} = \frac{dr'}{dt'}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right). \qquad [14]$$

El primer miembro de esta expresión indica la velocidad radial de un cuerpo medida con reglas y relojes situados fuera del campo o sea desde el sistema K, en tanto que $\frac{dr'}{dt'}$ representa la misma velocidad, pero medida con reglas y relojes situados en la inmediata vecindad del lugar donde se efectúa la caída.

Si se halla la geodésica de la [13] y se calcula la velocidad en sentido radial, se obtiene:

$$\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 = c^2\,\gamma^2 - \frac{\gamma^3}{A^2}, \qquad [15]$$

donde A es una constante de integración. Para la velocidad parabólica debe ser $\frac{dr}{dt} = 0$ en el infinito, donde $\gamma = 1$, por lo cual $\frac{1}{A^2} = c^2$, de donde, llamando W a la velocidad parabólica medida desde el infinito se obtiene:

$$W^2 = c^2 \gamma^2 (1 - \gamma) = v^2 \gamma^2$$

o sea

$$W = v\gamma. \qquad [16]$$

Comparando [14] con [16], se ve que la velocidad parabólica que debe intervenir en [1] y en [2] es la *velocidad parabólica natural* o sea la medida directamente por observadores situados en el campo.

Se ve además que la *velocidad parabólica newtoniana es igual a la velocidad parabólica einsteiniana medida en el campo.* Esto que demostramos aquí para un campo con simetría esférica vale, como veremos más adelante, para cualquier caso.

En la fig. 4 se da la representación de W y v en función de r. Comparando esta figura con la 2 se comprende de inmediato por que, para $r = r_0$, en que $v = c$, debe ser $W = \frac{dr}{dt} = 0$.

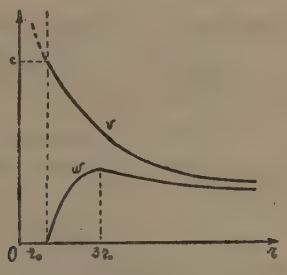


Fig. 4.

6. Peso en el campo y «peso» en K'. — En la teoría de Einstein los cuerpos caen porque las líneas del tiempo no son geodésicas y el peso P de un cuerpo de masa m_0 medido en el campo debe ser:

$$P = m_0 \frac{d^2 r'}{dt'^2}. \qquad [17]$$

De la [14] obtenemos:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = \gamma \frac{d^2 r'}{dt'^2} \frac{dt'}{dt} + \frac{dr'}{dt'} \frac{d\gamma}{dr} \frac{dr}{dt}, \qquad [18]$$

y para el reposo $\left(\frac{dr'}{dt'} = 0\right)$ teniendo en cuenta [2] resulta:

$$\frac{d^2 r'}{dt'^2} = \gamma^{-\frac{3}{2}} \frac{d^2 r}{dt^2}. \qquad [19]$$

Por otra parte, de la [15] para $\frac{dr}{dt} = 0$, se obtiene:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = -\frac{1}{2} c^2 \gamma \frac{d\gamma}{dr},$$

por lo cual teniendo en cuenta el valor de γ resulta:

$$P = -\frac{m_0}{\sqrt{\gamma}} \frac{GM}{r^2}. \qquad [20]$$

Por otra parte, en el párrafo 1, vimos que el « peso » en el sistema K' es:

$$\text{« Peso »} = \text{« P »} = \frac{m_0}{\gamma^{3/2}} \frac{dv}{dt} \qquad [21]$$

donde v debe estar dada por la [4] por lo cual:

$$v \frac{dv}{dt} = -\frac{GM}{r^2} \frac{dr}{dt} = -\frac{GM}{r^2} \frac{dr'}{dt'} \gamma, \qquad [22]$$

y como es $v = \frac{dr'}{dt'}$, resulta:

$$\text{« P »} = -\frac{m_0}{\sqrt{\gamma}} \frac{GM}{r^2}. \qquad [23]$$

La identidad de [20] y [23] confirma el comportamiento idéntico entre el campo y el sistema K' cuando éste se mueve con la velocidad parabólica natural.

7. Movimiento real del sistema K'. — En el párrafo 2 hacíamos mover a la caja K' de tal modo que un punto de ella coincidiera

en todo momento con la imagen que un espejo plano daría de la partícula que va cayendo. En realidad las cosas no son tan simples, pues de un lado de la superficie S el espacio es no euclídeo y la caja K' debe moverse con la velocidad parabólica natural (la medida en el campo), por lo cual debe ser:

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{dr'}{dt'} = -\frac{1}{\gamma}\frac{dr}{dt}$$

de donde

$$dx = -\frac{dr}{1 - \frac{r_0}{r}}. \qquad [24]$$

Integrando la [24] y dándole a la constante de integración un valor tal que haga que para $r = R$, $x = 0$, se tiene:

$$x = (R - r) + r_0 \log \frac{R - r_0}{r - r_0}. \qquad [25]$$

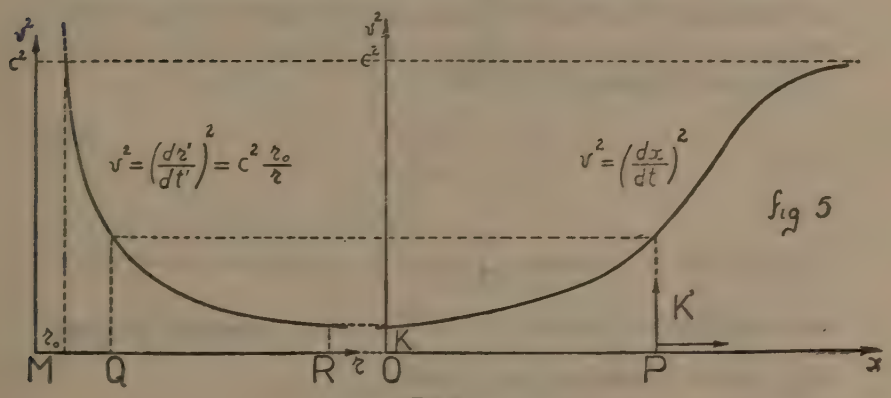


FIG. 5.

La figura 5 indica la correspondencia entre los puntos del campo y las posiciones de K'. En ella se ha representado el cuadrado de la velocidad parabólica natural en función de r para los puntos del campo y en función de x para el movimiento de K' con respecto a K, teniendo en cuenta la [25]. De este modo cuando K' pasa por P se comportará exactamente igual que el punto Q del campo.

8. Aceleración en función de la velocidad. — De la [15] es fácil deducir la aceleración de un cuerpo que cae radialmente en función de la velocidad $V = \frac{dr}{dt}$. Se obtiene:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = -\gamma \frac{GM}{r^2}\left(1 - \frac{3\,V^2}{\gamma^2 c^2}\right) \qquad [26]$$

En esta fórmula, obtenida del cálculo de la geodésica de la expresión de Schwarzschild, la aceleración y la velocidad que figuran en ella se refieren a los valores medidos desde K. Teniendo en cuenta la [18] puede calcularse la aceleracin medida en el campo en función de la velocidad V', también medida en el campo. Efectuando el cálculo, se obtiene:

$$\frac{d^2 r'}{dt'^2} = -\frac{1}{\sqrt{\gamma}} \frac{GM}{r^2}\left(1 - \frac{V'^2}{c^2}\right). \qquad [27]$$

Calculemos ahora la aceleración en función de la velocidad en el sistema K'. Sea un punto que se mueve sobre el eje de las x con la velocidad constante V_0 respecto al sistema K. El sistema K' se mueve en la misma dirección con la velocidad v. La velocidad V' del punto respecto a K' será:

$$V' = \frac{V_0 - v}{1 - \frac{v}{c^2} V_0}. \qquad [28]$$

Como v no es constante, $\frac{dV'}{dt'}$ será la aceleración de ese punto observada desde el sistema K'. Si $\frac{dv}{dt} > 0$ la aceleración de caída en la caja será negativa, por lo cual:

$$\frac{dV'}{dt'} = -\frac{dv}{dt'} \cdot \frac{dV'}{dv} = \left[\frac{1 - \frac{V_0^2}{c^2}}{\left(1 - \frac{v\,V_0}{c^2}\right)^2}\right] \cdot \frac{dv}{dt'}.$$

Poniendo ahora V_0 en función de V', si se tiene en cuenta la [12] y la [4] resulta:

$$\frac{dV'}{dt'} = -\frac{1}{\sqrt{\gamma}} \frac{GM}{r^2}\left(1 - \frac{V'^2}{c^2}\right) \qquad [29]$$

que coincide con [27], lo que confirma el comportamiento idéntico del campo y del sistema K' cuando éste se mueve con la velocidad parabólica natural de los puntos de aquél.

9. Caso general. — Sea un campo estático cualquiera. En una región del mismo, los observadores situados en el campo, miden, con reglas y relojes situados allí, el elemento lineal que separa dos acontecimientos infinitamente próximos y obtienen:

$$ds^2 = dt'^2 - dx'^2 - dy'^2 - dz'^2, \qquad [30]$$

haciendo c, la velocidad de la luz, igual a 1. Tomemos un sistema de coordenadas local t, X, Y, Z, tal que el eje X coincida con x' y con la dirección del gradiente del potencial en esa región. En otros términos: el eje X coincide con la dirección de caída en la región para una velocidad inicial nula. Las coordenadas t, X, Y, Z, se refieren a medidas efectuadas desde el sistema K, con reglas y relojes situados fuera del campo o sea, para decirlo brevemente, en el infinito. Siendo los ejes Y, Z, perpendiculares entre sí y perpendiculares a X se tendrá:

$$dt'^2 = \gamma dt^2 \; ; \; dx'^2 = \frac{1}{\gamma} dX^2 \; ; \; dy' = dY \; ; \; dz' = dZ \; ; \qquad [31]$$

donde

$$\gamma = 1 - v^2 = 1 + 2\Phi, \qquad [32]$$

siendo Φ el potencial newtoniano.

$$ds^2 = \gamma dt^2 - d\sigma^2, \qquad [33]$$

Se tiene entonces:

$$d\sigma^2 = \frac{1}{\gamma} dX^2 + dY^2 + dZ^2. \qquad [34]$$

Introduzcamos ahora los ejes x, y, z, vinculados a los anteriores del modo siguiente:

	x	y	z
X	α_1	β_1	γ_1
Y	α_2	β_2	γ_2
Z	α_3	β_3	γ_3

De este modo $\alpha_1\,\beta_1$ y γ_1 son los cosenos directores de los ángulos que forma el eje X con x, y, z. Como el eje X coincide con la dirección del gradiente del potencial se tendrá:

$$\alpha_1^2 = \frac{\Phi_x'^2}{a^2}\ ;\ \beta_1^2 = \frac{\Phi_y'^2}{a^2}\ ;\ \gamma_1^2 = \frac{\Phi_z'^2}{a^2}\ ; \qquad [35]$$

siendo

$$a^2 = \Phi_x'^2 + \Phi_y'^2 + \Phi_z'^2. \qquad [36]$$

Se tiene:

$$dX = \alpha_1\,dx + \beta_1\,dy + \gamma_1\,dz$$
$$dY = \alpha_2\,dx + \beta_2\,dy + \gamma_2\,dz$$
$$dZ = \alpha_3\,dx + \beta_3\,dy + \gamma_3\,dz$$

Elevando al cuadrado estas tres expresiones, multiplicando el cuadrado de la primera por $\frac{1}{\gamma}$ y sumando se obtiene:

$$d\sigma^2 = a_{ik}\,dx_i\,dx_k$$

siendo (pues las coordenadas son ortogonales):

$$a_{11} = \frac{1}{\gamma}\,\alpha_1^2 + 1 - \alpha_1^2 = 1 - \frac{2\Phi}{\gamma}\,\alpha_1^2$$

$$a_{12} = a_{21} = \frac{1}{\gamma}\,\alpha_1\,\beta_1 - \alpha_1\,\beta_1 = -\frac{2\Phi}{\gamma}\,\alpha_1\,\beta_1$$

y análogamente los restantes.

De este modo si escribimos

$$ds^2 = g_{ik}\,dx_i\,dx_k \qquad [37]$$

haciendo

$$x_0 = t\ ;\ x_1 = x\ ;\ x_2 = y\ ;\ x_3 = z; \qquad [38]$$

resulta:

$$g_{00} = \gamma = 1 + 2\Phi\ ;\ g_{0i} = 0$$

$$g_{ik} = -\delta_{ik} + \frac{2\Phi}{\gamma}\,\frac{\Phi'_{xi}\,\Phi'_{xk}}{a^2} \qquad [39]$$

donde i, k varían de 1 a 3 y $\delta_{ik} = 0$, si $i \neq k$ y $\delta_{ik} = 1$, si $i = k$.

10. La fórmula de Schwarzschild en coordenadas cartesianas. — Si las [39] representan una solución general debe obtenerse de ellas como caso particular la fórmula de Schwarzschild.

Poniendo:

$$\Phi = -\frac{\alpha}{2r} \qquad [40]$$

con

$$r = \sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + (z-\zeta)^2} \qquad [41]$$

donde $\xi\,\eta\,\zeta$ son las coordenadas de la masa puntual que genera el campo o las coordenadas del centro de una masa esférica homogénea, y calculando los g_{ik} por la [39] resulta (haciendo $\xi = \eta = \zeta = 0$ para no complicar inútilmente la fórmula):

$$\begin{aligned} ds^2 = \gamma\, dt^2 &- \left(1 + \frac{\alpha}{\gamma r}\frac{x^2}{r^2}\right) dx^2 - \left(1 + \frac{\alpha}{\gamma r}\frac{y^2}{r^2}\right) dy^2 \\ &- \left(1 + \frac{\alpha}{\gamma r}\frac{z^2}{r^2}\right) dz^2 - \frac{2\alpha}{\gamma r}\frac{xy}{r^2}\, dx\, dy \\ &- \frac{2\alpha}{\gamma r}\frac{xz}{r^2}\, dx\, dz - \frac{2\alpha}{\gamma r}\frac{yz}{r^2}\, dy\, dz \end{aligned} \qquad [42]$$

donde

$$\gamma = 1 - \frac{\alpha}{r}. \qquad [43]$$

La [42] con la [43] es efectivamente la fórmula de Schwarzschild escrita en coordenadas cartesianas, lo que se puede verificar directamente pasando a coordenadas polares o calculando directamente los g_{ik} en el nuevo sistema de coordenadas, teniendo en cuenta que:

$$g'_{\sigma\tau} = \frac{\partial x_i}{\partial x'_\sigma}\frac{\partial x_k}{\partial x'_\tau}\, g_{ik},$$

pues se trata de las componentes del tensor covariante fundamental.

11. El determinante de [39] es -1. — Se encuentra efectivamente que

$$|g| = -1 \qquad [44]$$

y si se calculan las componentes del tensor contravariante fundamental, se obtiene:

$$g^{00} = \frac{1}{\gamma}\ ;\ g^{0i} = 0\ ;$$

$$g^{ik} = -\delta_{ik} - \frac{2\Phi}{a^2}\Phi'_{x_i}\Phi'_{x_k}, \qquad [45]$$

variando ik de 1 a 3.

12. La velocidad parabólica medida en el campo no depende de la dirección. — Si en las ecuaciones de la geodésica

$$\frac{d^2 x_\alpha}{ds^2} + \left\{ \begin{matrix} i\ k \\ \alpha \end{matrix} \right\} \frac{dx_i}{ds}\frac{dx_k}{ds} = 0,$$

hacemos $\alpha = 0$, obtenemos:

$$\frac{d^2 t}{ds^2} + 2\left\{ \begin{matrix} 0\ 1 \\ 0 \end{matrix} \right\} \frac{dt}{ds}\frac{dx}{ds} + 2\left\{ \begin{matrix} 0\ 2 \\ 0 \end{matrix} \right\} \frac{dt}{ds}\frac{dy}{ds} + \\ + 2\left\{ \begin{matrix} 0\ 3 \\ 0 \end{matrix} \right\} \frac{dt}{ds}\frac{dz}{ds} = 0$$

pues estos son los únicos términos del desarrollo que no se anulan. Los otros términos se anulan ya sea porque $g^{0i} = 0$, o porque los g_{ik} no dependen del tiempo.

Calculando los símbolos de Christoffel que figuran en la última expresión, se tiene:

$$\frac{d^2 t}{ds^2} + g^{00}\frac{dt}{ds}\left(\frac{\partial g_{00}}{\partial x}\frac{dx}{ds} + \frac{\partial g_{00}}{\partial y}\frac{dy}{ds} + \frac{\partial g_{00}}{\partial z}\frac{dz}{ds} \right) = 0$$

y teniendo en cuenta los valores de g_{00} y g^{00} dados en [39] y [45], resulta:

$$\frac{d^2 t}{ds^2} + \frac{1}{\gamma}\frac{d\gamma}{ds}\frac{dt}{ds} = 0,$$

que se integra de inmediato, dando:

$$\frac{dt}{ds} = \frac{A}{\gamma}, \qquad [46]$$

siendo A una constante de integración.

Escribiendo

$$ds^2 = \gamma\, dt^2 - d\sigma^2$$

y dividiendo por dt^2 teniendo en cuenta [46], se obtiene:

$$\frac{\gamma^2}{A^2} = \gamma - \left(\frac{d\sigma}{dt}\right)^2 \qquad [47]$$

Para la velocidad parabólica $\frac{d\sigma}{dt} = 0$ si $\Phi = 0$, o sea $\gamma = 1$, con lo cual

$$\frac{1}{A^2} = 1. \qquad [48]$$

Para el elemento lineal medido en el campo se tiene:

$$ds^2 = dt'^2 - d\sigma'^2 \qquad [49]$$

de donde

$$\left(\frac{d\sigma'}{dt'}\right)^2 = 1 - \left(\frac{ds}{dt'}\right)^2 = 1 - \left(\frac{ds}{dt}\right)^2 \left(\frac{dt}{dt'}\right)^2 \qquad [50]$$

o sea

$$\left(\frac{d\sigma'}{dt'}\right)^2 = 1 - \frac{1}{\gamma}\left(\frac{ds}{dt}\right)^2. \qquad [51]$$

Para la velocidad parabólica medida en el campo basta poner en [51] el valor de ds/dt que da [46] con el valor de la constante dado en [48], resultando:

$$\left(\frac{d\sigma'}{dt'}\right)^2 = 1 - \gamma = -2\Phi = v^2, \qquad [52]$$

y con esto queda probado que la velocidad parabólica medida en el campo no depende de la dirección y coincide con la velocidad parabólica newtoniana.

13. La solución [39] y las ecuaciones del campo de Einstein. — Las ecuaciones del campo en el vacío cuando se cumple la [44] se reducen a:

$$R_{ik} = -\frac{\partial}{\partial x_\rho}\left\{ \begin{matrix} i\ k \\ \rho \end{matrix} \right\} + \left\{ \begin{matrix} i\ \rho \\ \varepsilon \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} k\ \varepsilon \\ \rho \end{matrix} \right\} = 0. \qquad [53]$$

Estas 10 ecuaciones quedan satisfechas con los g_{ik} dados en [39] si en ellas Φ tiene la forma dada por [40] y [41], pues ya hemos visto que en ese caso las [39] conducen a la fórmula de Schwarzschild. Se trata ahora de averiguar si las [39] representan una solución general de las [53]. No ofrece dificultad verificar que R_{01}, R_{02} y R_{03}, se anulan y ello ocurre por ser $g_{0i} = g^{0i} = 0$ y los g_{ik} independientes del tiempo. La componente temporal R_{00} se anula, como demostraremos más adelante, si

$$\Delta\Phi = 0. \qquad [54]$$

En cambio las componentes espaciales R_{11}, R_{12}, etc. sólo se anulan si, además de cumplirse la [54], el campo tiene simetría esférica. Para dos masas fijas y separadas puede verificarse que, aunque se cumpla la [54], las componentes espaciales *son diferentes de cero.* Esto sucede porque en las ecuaciones del campo está incluída, como es conocido (1), la ley de movimiento y la no anulación de las componentes espaciales, en ese caso, *significa simplemente que las masas colocadas en esas condiciones no podrían permanecer fijas.*

Pero en la práctica podemos, por medio de vínculos, hacer que dos o más masas se mantengan fijas. Para calcular los g_{ik} del campo que generan, estando en esas condiciones, habría que hacer intervenir de alguna manera la acción de los vínculos y el problema sería, partiendo de las ecuaciones del campo, terriblemente complicado y prácticamente insoluble. El principio de la velocidad parabólica permite, en cambio, calcular de inmediato los potenciales g_{ik} en cualquiera de esos casos. Por eso pensamos que dicho principio completa y simplifica la estática einsteiniana.

Pero corresponde preguntar:

¿Qué seguridad puede tenerse de que los g_{ik} calculados de ese modo coinciden con los que se obtendrían de las ecuaciones del campo, suponiendo que se supiera integrarlas y se supiera también hacer intervenir en ella la acción de los vínculos?

La absoluta seguridad de que debe existir esa total coincidencia proviene de estos dos hechos si se los considera conjuntamente:

1º) En el único caso realmente estático, sin la intervención de

(1) A. Einstein. — « The M. of Relativity », *loc. cit.*, pág. 109.

vínculos, masa puntual o exterior de una masa flúida en equilibrio (necesariamente esférica), la coincidencia es perfecta.

2º) Para una distribución cualquiera de las masas, mantenidas en reposo relativo por medio de vínculos sólidos, la componente temporal del tensor de Ricci, R_{00}, se anula con los g_{ik} calculados por el principio de la velocidad parabólica, si el laplaciano de Φ es nulo. Esto significa que la marcha de un reloj está *exactamente* determinada por el potencial newtoniano ($g_{00}=1+2\Phi$).

Por otra parte, si se calcula el hipervolumen de universo (espacio y tiempo) de una pequeña región de un campo gravitatorio estático (caso de simetría esférica), se encuentra que ese hipervolumen elemental es independiente del campo. En otros términos: a la dilatación del tiempo debe corresponder una contracción de las reglas de medida *en cierta dirección* para que aquel hipervolumen elemental no dependa del campo. Comparando, pues, lo que ocurre en una pequeña región de un campo con simetría esférica, con otra pequeña región de otro campo *estático cualquiera,* se llega a la conclusión de que el potencial newtoniano no sólo determina *exactamente* la marcha de un reloj, sino también el comportamiento de las reglas de medida.

Cálculo de R_{00}. — En este caso el cálculo conduce a la siguiente expresión para R_{00}:

$$\left.\begin{aligned} R_{00} = {} & \frac{\partial}{\partial x}(g^{11}\Phi_x' + g^{12}\Phi_y' + g^{13}\Phi_z') \\ & + \frac{\partial}{\partial y}(g^{21}\Phi_x' + g^{22}\Phi_y' + g^{23}\Phi_z') \\ & + \frac{\partial}{\partial z}(g^{31}\Phi_x' + g^{32}\Phi_y' + g^{33}\Phi_z') \end{aligned}\right\} A$$

$$\left.\begin{aligned} & -\frac{2}{\gamma}[g^{11}\Phi_x'^2 + g^{12}\Phi_x'\Phi_y' + g^{13}\Phi_x'\Phi_z' \\ & \quad + g^{21}\Phi_x'\Phi_y' + g^{22}\Phi_y'^2 + g^{23}\Phi_y'\Phi_z' \\ & \quad + g^{31}\Phi_x'\Phi_z' + g^{32}\Phi_y'\Phi_z' + g^{33}\Phi_z'^2] \end{aligned}\right\} B \qquad [55]$$

Poniendo

$$h = \frac{2\Phi}{a^2}, \qquad [56]$$

estando a^2 dado por [36] se obtiene para los términos de la parte A:

$$g^{11}\Phi_{xx}'' = -\Phi_{xx}'' - h\Phi_x'^2\Phi_{xx}'' \quad \text{I}$$

$$g^{22}\Phi_{yy}'' = -\Phi_{yy}'' - h\Phi_y'^2\Phi_{yy}'' \quad \text{II}$$

$$g^{33}\Phi_{zz}'' = -\Phi_{zz}'' - h\Phi_z'^2\Phi_{zz}'' \quad \text{III}$$

$$2\,g^{12}\Phi_{xy}'' = -2\,h\Phi_x'\Phi_y'\Phi_{xy}'' \quad \text{IV}$$

$$2\,g^{13}\Phi_{xz}'' = -2\,h\Phi_x'\Phi_z'\Phi_{xz}'' \quad \text{V}$$

$$2\,g^{23}\Phi_{yz}'' = -2\,h\Phi_y'\Phi_z'\Phi_{yz}'' \quad \text{VI}$$

$$\Phi_x'\frac{\partial g^{11}}{\partial x} = -h_x'\Phi_x'^3 - 2\,h\Phi_x^{12}\Phi_{xx}'' \quad \text{VII}$$

$$\Phi_y'\frac{\partial g^{22}}{\partial y} = -h_y'\Phi_y'^3 - 2\,h\Phi_y'^2\Phi_{yy}'' \quad \text{VIII}$$

$$\Phi_z'\frac{\partial g^{33}}{\partial z} = -h_z'\Phi_z'^3 - 2\,h\Phi_z'^2\Phi_{zz}'' \quad \text{IX}$$

$$\Phi_x'\frac{\partial g^{12}}{\partial y} = -h_y'\Phi_x'^2\Phi_y' - h\Phi_x'\Phi_y'\Phi_{xy}'' - h\Phi_x'^2\Phi_{yy}'' \quad \text{X}$$

$$\Phi_x'\frac{\partial g^{13}}{\partial z} = -h_z'\Phi_x'^2\Phi_z' - h\Phi_x'\Phi_z'\Phi_{xz}'' - h\Phi_x'^2\Phi_{zz}'' \quad \text{XI}$$

$$\Phi_y'\frac{\partial g^{12}}{\partial x} = -h_x'\Phi_x'\Phi_y'^2 - h\Phi_x'\Phi_y'\Phi_{xy}'' - h\Phi_y'^2\Phi_{xx}'' \quad \text{XII}$$

$$\Phi_y'\frac{\partial g^{23}}{\partial z} = -h_z'\Phi_y'^2\Phi_z' - h\Phi_y'\Phi_z'\Phi_{yz}'' - h\Phi_y'^2\Phi_{zz}'' \quad \text{XIII}$$

$$\Phi_z'\frac{\partial g^{13}}{\partial x} = -h_x'\Phi_x'\Phi_z'^2 - h\Phi_x'\Phi_z'\Phi_{xz}'' - h\Phi_z'^2\Phi_{xx}'' \quad \text{XIV}$$

$$\Phi_z'\frac{\partial g^{23}}{\partial y} = -h_y'\Phi_y'\Phi_z'^2 - h\Phi_y'\Phi_z'\Phi_{yz}'' - h\Phi_z'^2\Phi_{yy}'' \quad \text{XV}$$

Los tres primeros términos de I, II y III dan cero por [54]. Los últimos términos de I, XII y XIV dan

$$-h\Phi_{xx}''(\Phi_x'^2 + \Phi_y'^2 + \Phi_z'^2) = -2\Phi\Phi_{xx}''$$

Análogamente, los últimos términos de II, de X y de XV así como los últimos de III, de XI y de XIII dan:

$$-2\Phi\Phi_{yy}'' \ , \ -2\Phi\Phi_{zz}'',$$

por lo cual estos nueve términos también se anulan.

Agrupando convenientemente los términos restantes se obtiene:

$$A = -4h(\Phi_x'\Phi_y'\Phi_{xy}'' + \Phi_x'\Phi_z'\Phi_{xz}'' + \Phi_y'\Phi_z'\Phi_{yz}'') \qquad \text{XVI}$$

$$-2h(\Phi_x'^2\Phi_{xx}'' + \Phi_y'^2\Phi_{yy}'' + \Phi_z'^2\Phi_{zz}'') \qquad \text{XVII}$$

$$-a^2(h_x'\Phi_x' + h_y'\Phi_y' + h_z'\Phi_z'). \qquad \text{XVIII}$$

Pero es:

$$-h_x' a^2\Phi_x' = -2\Phi_x'^2 + 2h\Phi_x'^2\Phi_{xx}'' + 2h\Phi_x'\Phi_y'\Phi_{xy}'' + 2h\Phi_x'\Phi_z'\Phi_{xz}''$$

$$-h_y' a^2\Phi_y' = -2\Phi_y'^2 + 2h\Phi_y'^2\Phi_{yy}'' + 2h\Phi_x'\Phi_y'\Phi_{xy}'' + 2h\Phi_y'\Phi_z'\Phi_{yz}''$$

$$h_z' a^2\Phi_z' = -2\Phi_z'^2 + 2h\Phi_z'^2\Phi_{zz}'' + 2h\Phi_x'\Phi_z'\Phi_{xz}'' + 2h\Phi_y'\Phi_z'\Phi_{yz}''$$

La fila XVII se anula con la suma de los segundos términos de estas expresiones y la XVI con los últimos, por lo cual queda:

$$A = -2(\Phi_x'^2 + \Phi_y'^2 + \Phi_z'^2) = -2a^2.$$

Falta calcular la parte B de [55]. Si se multiplica por γ, se obtiene:

$$\gamma R_{00} = -2a^2\gamma + B\gamma$$

y los términos $B\gamma$ son:

$$-2g^{11}\Phi_x'^2 = \left(2 + \frac{4\Phi\Phi_x'^2}{a^2}\right)\Phi_x'^2 = 2\Phi_x'^2 + \frac{4\Phi}{a^2}\Phi_x'^4$$

$$-2g^{22}\Phi_y'^2 = = 2\Phi_y'^2 + \frac{4\Phi}{a^2}\Phi_y'^4$$

$$-2g^{33}\Phi_z'^2 = = 2\Phi_z'^2 + \frac{4\Phi}{a^2}\Phi_z'^4$$

$$-4g^{12}\Phi_x'\Phi_y' = = \frac{8\Phi}{a^2}\Phi_x'^2\Phi_y'^2$$

$$-4g^{13}\Phi_x'\Phi_z' = = \frac{8\Phi}{a^2}\Phi_x'^2\Phi_z'^2$$

$$-4g^{23}\Phi_y'\Phi_z' = = \frac{8\Phi}{a^2}\Phi_y'^2\Phi_z'^2$$

de donde

$$B\gamma = 2a^2 + \frac{4\Phi}{a^2}(\Phi_x'^2 + \Phi_y'^2 + \Phi_z'^2)^2$$

o sea

$$B\gamma = 2a^2 + 4\Phi a^2 = 2a^2(1 + 2\Phi) = 2a^2\gamma$$

con lo cual resulta, efectivamente,

$$R_{00} = 0.$$

14. Las dos clases de campos uniformes y los movimientos uniformemente acelerado e hiperbólico de K′. — Al establecer el principio de la velocidad parabólica mencionamos los dos enunciados originales del principio de equivalencia y ahora, para completar el análisis que hicimos al comienzo, calcularemos los g_{ik}, del campo gravitatorio correspondiente, primero, al movimiento uniformemente acelerado del sistema K' respecto a un sistema inercial K, y segundo, a un movimiento hiperbólico de K'.

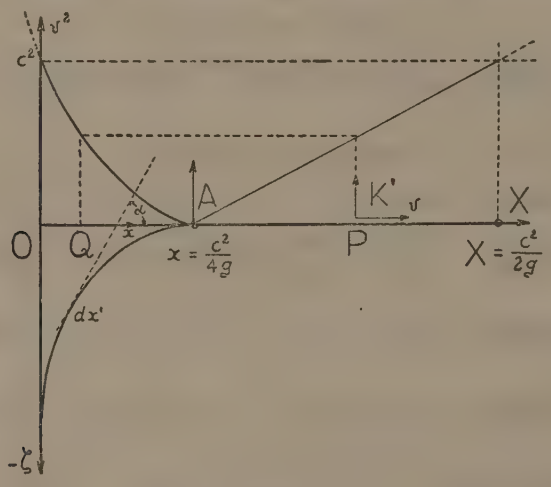


Fig. 6.

Designamos las coordenadas del sistema inercial K por X, Y, Z, y las del campo, cuando las medidas son efectuadas desde K, por x, y, z. Supondremos (fig. 6) que K' se mueve, a partir del origen A, con la aceleración g constante. La velocidad de K' respecto

a K será tal que

$$v^2 = 2\,g\,X. \qquad [57$$

De acuerdo al principio de la velocidad parabólica, K' se comporta, en cada momento, exactamente igual que una región de un campo gravitatorio cuya velocidad parabólica *natural* estuviera dada por [57]. Debemos expresar esa velocidad parabólica en función de x. Se tiene:

$$v = \frac{dX}{dt} = -\frac{dx'}{dt'} = -\frac{1}{\gamma}\frac{dx}{dt}, \qquad [58]$$

de donde

$$dx = -\gamma\,dX \qquad [59]$$

y por [57] el valor de γ será:

$$\gamma = 1 - \frac{2\,gX}{c^2}. \qquad [60]$$

Con este valor la integración de la [59] da:

$$x = -X + \frac{g}{c^2}X^2 + C. \qquad [61]$$

Tomando el valor de la constante C de modo que $x = 0$ cuando v sea igual a la velocidad de la luz, se obtiene:

$$x = -X + \frac{g}{c^2}X^2 + \frac{c^2}{4\,g} \qquad [62]$$

y de aquí resulta por [60]:

$$\gamma = \sqrt{\frac{4\,g}{c^2}}\,x. \qquad [63]$$

El elemento lineal de este campo es entonces:

$$ds^2 = c^2\,\gamma\,dt^2 - \frac{1}{\gamma}\,dx^2 - dy^2 - dz^2. \qquad [64]$$

Al moverse el origen del sistema K' desde A hasta $X = c^2/2g$, donde alcanza la velocidad de la luz, K' se va comportando como los puntos del campo dado por [64] y [63] y comprendidos entre

A y O, de modo que al pasar por P, K' se comporta como el punto Q del campo.

Si se halla la geodésica de [64] y se calcula la aceleración para una velocidad nula, se encuentra:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -g \; ; \; \frac{d^2x'}{dt'^2} = -g\gamma^{-3/2}. \qquad [65]$$

Estos son los valores de la aceleración medidos desde K y en el campo y coinciden con los valores de la aceleración de caída en K' medidos desde K y en el propio sistema K'. Un campo así podría denominarse *uniforme externo.*

La forma geométrica de la parte espacial de este campo, uniforme respecto a K, pero cuya aceleración natural, la medida en el campo, varía desde g hasta infinito, se encuentra sin dificultad razonando como en el párrafo 3, y así se obtiene:

$$\zeta = -\frac{c^2}{4g}\left(\operatorname{sen}^3\alpha\cos\alpha + \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{2}\operatorname{sen}\alpha\cos\alpha\right) \qquad [66]$$

$$\cos^2\alpha = \sqrt{\frac{4g}{c^2}}\,x. \qquad [67]$$

Aquí la [66] representa una superficie cilíndrica cuyo eje es perpendicular a ζ y a x siendo ζ un eje cualquiera perpendicular a x.

Para el movimiento hiperbólico de K', fig. 7, pondremos:

$$X^2 - c^2t^2 = \frac{c^4}{g^2}, \qquad [68]$$

de la cual resulta:

$$v^2 = \left(\frac{dX}{dt}\right)^2 = c^2\left(1 - \frac{c^4}{g^2X^2}\right). \qquad [69]$$

Con esto, teniendo en cuenta la [59] se obtiene para γ en función de x:

$$\gamma = \frac{g^2}{c^4}x^2. \qquad [70]$$

Los valores de la aceleración para una velocidad nula que se obtienen de [64], con este valor de γ, son:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -g\gamma^{3/2} \; ; \; \frac{d^2x'}{dt'^2} = -g \, . \qquad [71]$$

En este caso resulta la aceleración natural, la medida en el campo, constante, lo mismo que la aceleración propia del sistema K', pero la aceleración medida desde K varía entre g y cero. El campo es *uniforme interno.*

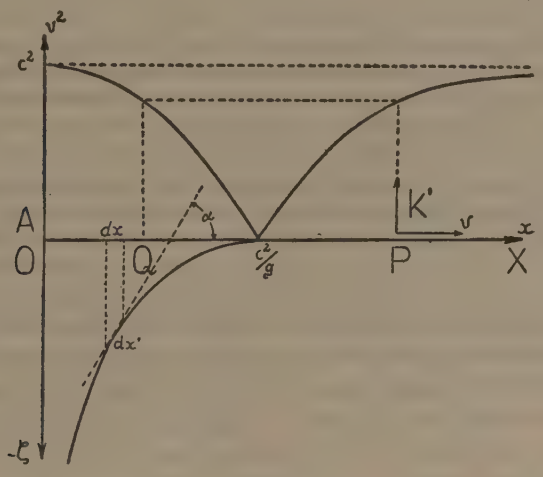


Fig. 7.

La forma geométrica de la parte espacial de este campo está dada por

$$\zeta = \frac{c^2}{g}\left[\operatorname{sen}\alpha - \log\frac{1+\operatorname{sen}\alpha}{\cos\alpha}\right] \qquad [72]$$

$$\cos\alpha = \frac{g}{c^2}x \, . \qquad [73]$$

Estos ejemplos prueban que la identidad de comportamiento entre una pequeña región de un campo gravitatorio y un sistema K', en movimiento respecto a un sistema inercial K, identidad a la que se refiere el primer enunciado del principio de equivalencia, no puede lograrse en forma permanente, ni con el movimiento uni-

formemente acelerado, ni con el movimiento hiperbólico. Por ello, así como es necesario hacer que la región considerada del campo sea infinitamente pequeña (dx, dy, dz), es necesario también limitar la cuarta coordenada, el tiempo, y reducir el intervalo en el cual se produce el comportamiento idéntico a un infinitamente pequeño dt. El principio de la velocidad parabólica determina, justamente, el instante del comportamiento idéntico.

NOTA. — El presente trabajo fué enviado a los *Anales* a mediados del año 1953. A partir de entonces hemos podido extraer del principio establecido otras consecuencias de suma importancia. Entre ellas figura, en primer término, la formulación de la ecuación de la energía y la deducción directa de los tres efectos cruciales de la teoría de la gravitación de Einstein, sin hacer uso para nada de las ecuaciones de las geodésicas ni del cálculo diferencial absoluto. En las *Actas de la Academia de Ciencias Exactas de Lima* (Perú) apareció, en agosto de 1954, un trabajo nuestro en el que se exponen detalladamente esas consecuencias, y en el libro que hemos escrito sobre *Física Relativista*, Editorial Kapelusz, Buenos Aires, 1955, y que aparecerá en estos días, dedicamos un capítulo completo (el décimo, págs. 381-416) al principio de la velocidad parabólica. Allí se verá, además, la manera de determinar la función γ [12] admitiendo que la misma satisface la ecuación de Poisson, con lo cual aparece la constante de gravitación de Einstein de la manera más directa y sencilla posible. De este modo la [4] se presenta como una consecuencia de la teoría desarrollada y no como un postulado independiente.

La Plata, 14 de noviembre de 1955.

IDENTIFICACION DEL CROMO

POR

REINALDO VANOSSI

En el actual procedimiento se extrae primeramente el cromato por el acetato de etilo, de una solución clorhídrica, de acidez 2 molar. Después de un tratamiento destructivo oixdante de ese extracto, se aplica la reacción con peróxido de hidrógeno, en presencia de acetato de etilo, lo cual, a la vez que permite la identificación dentro de los límites de 2 a 7 µg, en la sustancia analizada, constituye una etapa de purificación, que permitirá, a continuación, emplear la reacción con la difenilcarbazida, con una perceptibilidad de 0,2 a 0,6 µg de cromo. El método es aplicable en presencia de un gran exceso de cualquier otro elemento, y dentro de una escala miero o semi-microquímica.

La caracterización del cromo se realizará de acuerdo con el tipo de investigación aplicado a otros elementos ya estudiados anteriormente por el autor, de los cuales, un grupo corresponde a los que son extraíbles por acetato de etilo de una solución con acidez clorhídrica ([10]). En consecuencia, se opera sobre una cantidad de muestra que corresponda a 10-12 mg de contenido de un elemento cualquiera; es decir dentro de esos límites para el caso de una sustancia elemental, o mayores para el caso de un compuesto, y sin perjuicio de disminuirlos (con la respectiva disminución de volúmenes de operación), si se desea trabajar en escala microquímica. El procedimiento actual permite la identificación de 0,2-0,6 µg de cromo, en presencia de 10.000 veces (o, a menudo, mayor cantidad) de cualquier otro elemento (que no pertenezca a los transuránicos, o algunos lantánidos, o pocos más muy raros ([10]), cuyo comportamiento no ha podido ser estudiado).

El análisis se inicia con un ataque térmico alcalino de la muestra (preferiblemente con peróxido); aunque, si se conoce la ausencia de algunos elementos, se podrá realizar un simple tratamiento alcalino oxidante por vía húmeda. Por otra parte, será posible coordinar la operación actual con la

previa investigación de los elementos volatilizables por medio de destilaciones con ácidos (9) y, también, con la subsiguiente, de aquéllos cuyos cloruros son extraíbles, de un ambiente clorhídrico, con acetato de etilo (10). En este caso, los límites de perceptibilidad para cromo son iguales a los indicados, debiendo señalarse que aquellas separaciones previas sólo dejan persistentes el problema de la posible presencia de exceso de vanadio, o el de precipitación al alcalizar la solución. En el curso de la descripción del método siguiente, aparecerán los medios para resolver tales situaciones.

Aparte de las posibles simplificaciones, el procedimiento más general comprende: 1) la extracción del ion cromato, por medio del acetato de etilo, de una solución en acidez clorhídrica; y subsiguiente tratamiento de ese extracto; 2) aplicación de la reacción del peróxido de hidrógeno, en presencia de acetato de etilo, lo que permite un primer medio de identificación (de relativamente poca sensibilidad) y, sobre todo, una etapa de separación con fines de purificación; y, 3) aplicación de la difenilcarbazida, directamente al extracto (acetato de etilo), separado después de la reacción anterior.

Como antecedentes bibliográficos corresponde mencionar que la reacción de los cromatos con peróxido ha sido propuesta ya en 1847 por Barresvil, y subsiguientemente aplicada y estudiada por varios otros (amplios detalles en las obras de De Konink (2), Rüdisüle (7) y en el Primer Informe de la Comisión Internacional (5). En cuanto a la reacción de la difenilcarbazida, se la debe a Cazeneuve (1 *b*); y su gran valor, en cuanto a sensibilidad y bastante especificidad, justifica que se le hayan dedicado numerosos estudios (5, 11).

En el trabajo actual, a parte del sistema separativo empleado, se han introducido algunas variantes en los medios para aplicar las dos reacciones mencionadas, de las cuales pueden mencionarse el acetato de etilo, superior al éter dietílico, en el caso de la reacción percrómica, y, en un ambiente de acidez perclórica, con lo que el resultado mejora aun más. Para la reacción de la difenilcarbazida se ha comprobado, también, que la extracción del complejo que produce con el cromato, por medio del acetato de etilo, permite no sólo mejorar la sensibilidad, sino la especificidad, por cuanto alguna otra coloración extraña no pasará al mencionado solvente; además, en presencia de ácido perclórico la extracción es mucho mayor que con los otros ácidos habitualmente empleados.

Foster (2 *a*) ha propuesto el acetato de etilo para separar percrómico del pervanádico. Weinhardt y Norman Hixon (12), emplean la metilisobutilquetona para la extracción del dicromato; Brookshier y Freund (1 *a*) hacen un amplio estudio de la extracción del percrómico por el acetato de etilo, y ulterior aplicación de la difenilcarbazida.

Lapin (4) ha aplicado la reacción de la difenilcarbazida al éter con el compuesto percrómico, resultado de investigar peróxido, por agregado, a la solución original, en acidez sulfúrica, de solución de dicromato. Ese procedimiento (que le permite reconocer 5 µg de peróxido), demuestra que cualquiera que sea el orden de acción en el sistema cromato- peróxido, el solvente orgánico contiene el ácido percrómico, aun en el caso de que su concentración sea inferior al límite de perceptibilidad directa. Actualmente, queda demostrado que, en el caso de la investigación de cromato, puede comprobarse la presencia de menos de la décima de µg de este ion contenido en la solución original; pero, empleando el acetato de etilo como agente de extracción.

Procedimiento

Los útiles empleados han sido indicados en trabajos anteriores del autor (tubos de ensayo, tubos-pipetas y otros elementos simples, para operar en escala micro o semi-microquímica). Las drogas y las concentraciones de las soluciones de reactivos se mencionarán en los lugares correspondientes de las sucesivas etapas analíticas.

En cuanto al ensayo «testigo», no sólo es aconsejable — cuando corresponda — el de tipo normal, en ausencia del elemento a investigar (cromo, actualmente), sino también con una cierta cantidad de ese mismo elemento (cantidad que dependerá de la sensibilidad de la reacción que se aplique para la identificación final, y del grado de eficiencia con que se opere). Este segundo ensayo conviene, para la comprobación del método en sí y, particularmente, para eliminar algún posible error, derivado de una accidental reducción del ion cromato en las etapas finales (por ejemplo, debida al mismo acetato de etilo, o a los ácidos).

En cuanto a las soluciones diluidas de cromato, de título determinado, empleados para establecer sensibilidades, han sido sometidas a oxidación cada vez que ha debido empleárselas, puesto que sufren una parcial reducción con el tiempo.

Ataque de la muestra. — En el caso de composición desconocida, en cuanto a otros componentes predominantes, corresponde la fusión con peróxido sódico (con o sin hidróxido), sobre lámina de plata (níquel o hierro, a menudo contienen cromo). A continuación, después de desagregar la masa, por ebullición con agua, se separa el posible insoluble por centrifugación (*); a la solución

(*) Si el insoluble es abundante convendrá repetir la fusión, aunque, en general, basta hervirlo con solución de hidróxido, agregando a la vez un poco de peróxido. Si, después de la centrifugación, el líquido sigue opalino (exceso de hidróxido) convendrá diluir, hervir y repetir aquella operación.

se le agregan una gotitas de bromo puro (30-50 mg), y se hierve 20-30 seg., después de lo cual (previa separación de algún posible insoluble), se concentra, si es necesario, hasta 1-3 ml y, en frío, después de neutralizar el álcali, se continúa con el agregado de ácido clorhídrico hasta obtener una concentración final 2 M.

NOTAS. — Si, por la naturaleza de la muestra, debió realizarse una fusión ácida (bisulfato), a continuación se repetirá la fusión con exceso de carbonato y nitrato, continuando en la forma ya indicada. De no usar este fundente, habrá que desagregar con agua el producto del primer fundido (en platino), luego travasar (previa alcalización) al recipiente de plata, evaporar y fundir con el hidróxido-peróxido. Con todo, debe indicarse que el carbonato es algo inferior al hidróxido, en cuanto a que la adsorción de cromato por el insoluble es un poco mayor.

En el supuesto de tener un residuo sulfúrico, resultado de un ataque directo de la sustancia, o de las previas destilaciones de elementos, se lo evapora hasta sequedad (o casi) y, después de neutralizarlo con hidróxido, se trasvasa la masa al recipiente de plata, para la fusión alcalina. Si, por otra parte, se tiene una solución ácida cualquiera de la muestra, se procederá a evaporarla, para continuar como en el caso anterior.

A los efectos de posibles simplificaciones en el procedimiento, debe tenerse en cuenta que un ataque inicial de la sustancia con ácidos nítrico y/o clorhídrico puede no destruir compuestos del carbono y complejos inorgánicos perjudiciales; en cambio, sí lo hará el ataque térmico (*) y también, en el caso de las destilaciones previas con los ácidos clorhídrico, nítrico, perclórico y sulfúrico, llevadas hasta residuo sulfúrico (9) (con lo cual se eliminan, a la vez, una serie de elementos, de los cuales interesa mencionar —por su ulterior interferencia— osmio y yodo).

Por otra parte, todo precipitado que se forme en medio alcalino en el seno de una solución puede conducir a una adsorción, ya sea inicialmente, del cromo (III) (el que así escapará, a veces en parte, a la ulterior oxidación por el peróxido), o del cromo (VI) resultante de la acción del peróxido. En consecuencia, si la muestra ha sido disuelta simplemente por agua, o por ácidos (o, en el caso de ataque acuoso alcalino directo), y aparece un insoluble en medio básico, es posible un neto empeoramiento en el límite de perceptibilidad del cromo; y sería entonces necesario aplicar la disgregación térmica a ese insoluble separado por centrifugación, o repetir el ataque de la muestra por vía térmica inicial. Dentro de la situación anterior se encuentran, particularmente, cobre, cobalto e iridio (precipitados de óxidos hidratados negruzcos) y, en menor grado, los demás que dan insolubles de color claro. Así, pues, en el supuesto de poco voluminoso precipitado de este aspecto y en

(*) Algunos complejos, p. ej. fosfo y sílico wolfrámico (o molíbdico) se reconstituyen en la posterior disolución en agua del fundido, y pasarán en buena proporción al acetato de etilo (merdio ácido).

ausencia de complejos o compuestos orgánicos, se podrá prescindir de la recién mencionada disgregación y, entonces, directamente después de hervir la solución con hidróxido y peróxido, se separa el escaso insoluble; y la solución se somete después a la ebullición con bromo, terminando esta etapa con la acidificación en la forma indicada.

En el caso de que se haya realizado una destilación ácida de elementos, la pérdida de cromo, debida a la presencia de ion cloro y de cromato (originalmente presente, o producido por el perclórico), es proporcionalmente pequeña, de modo que no se modifican apreciablemente los límites de perceptibilidad. En cambio puede ser apreciable la pérdida, si la muestra contiene fluoruro y, a la vez, cromato; produciéndose esto, también, si se realizó un ataque con bisulfato o uno fluorhídrico-sulfúrico En tales casos el agregado previo de ácido bórico resuelve la dificultad.

Si la investigación del cromo se coordina con la de los elementos extraíbles como cloruros, por el acetato de etilo, se tendrán en cuenta, por una parte, que esa extracción debe realizarse previa reducción de la solución con sulfito y después, reoxidación con bromo (ambiente ácido), lo cual, al dejar el cromo trivalente, no dará error apreciable por extracción o coextracción, aun en el caso de exceso presente de elementos de ese grupo.

La ebullición con hipobromito, en medio alcalino, después del tratamiento con peróxido (por vía húmeda o térmica) es indispensable, en cuanto será necesario destruir completamente a éste (o restos de compuestos nitrosos, en el caso de haber empleado nitrato), antes de acidificar la solución, con lo que se evita la reducción a cromo (III) (y su no extracción en la operación siguiente). El hipobromito alcalino es más cómodo y ventajoso que otros agentes (iones persulfato y plata, peryodato, etc.)(*) para oxidar a cromo (VI), en cuanto la operación, en caliente, se realiza fácilmente, sin que influyan las concentraciones de hidróxido o hipobromito (dentro de un exceso mínimo indispensable), o de otros iones (p. ej., cloruro); además, la eficiencia de ataque es alta (como que puede oxidarse, apreciablemente, con exceso acentuado de hidróxido, al sulfato de cromo, resultado de una previa evaporación sulfúrica); y luego, la eliminación del exceso de oxidante (cuando ella es necesaria), se producirá fácilmente por ebullición en medio ácido, sin que haya reducción del cromato.

El tratamiento con el hipobromito debe realizarse después de la separación del insoluble en agua del fundido, pues, en caso contrario, se disolvería el oro previamente precipitado en el curso de la fusión, y así sería después extraído con el cromato, e impediría la identificación de éste. En cuanto a los metales de la familia del platino, que también sufrirían una disolución (a lo menos parcial), a parte de osmio y rutenio (solubles), no habría inconvenientes.

(*) El permanganato en presencia de hidróxido sódico es también un buen medio de oxidación, pudiendo ser útil en algunos casos: después de calentamiento, se destruye, si es necesario, el exceso, por agregado de porciones sucesivas de bromuro, en medio ácido, hasta eliminación del bromo (sin perjuicio de que pueda también emplearse el ácido clorhídrico).

La solución alcalina final, resultado de la actual operación, sólo contendría como elementos cuya presencia es objetable (aun en baja proporción), vanadio, molibdeno, osmio y yodo. De ellos, los dos últimos no existirán si la muestra fué sometida previamente a las destilaciones ácidas; y el molibdeno tampoco, si, además, se separaron los elementos cuyos cloruros son extraíbles por el acetato de etilo. Color del anión permangánico en la solución (resultado de la acción oxidante del hipobromito sobre el manganato) no tiene significación, y será reducido después por el ácido clorhídrico y el acetato de etilo.

La operación siguiente, de extracción, separará al cromato, junto con casi todo el yodo (bromuro) y una fracción de molibdeno, osmio y complejos fosfo y sílico wolfrámicos (algunas decenas de unidad por ciento, del contenido original), y poco vanadio (aparte de una proporción variable de fosfato, borato, fluoruro, antimonio, estaño, galio, germanio; y aún indio, debido al bromuro presente (*). Principalmente, esa extracción con el acetato de etilo conducirá a disminuir la cantidad de molibdeno y, sobre todo, la de vanadio; secundariamente, separará al arsénico y teluro, y otros que, en gran exceso, perjudican la sensibilidad de la reacción del ácido percrómico, y aún de la difenilcarbazida; por otra parte, y en el supuesto de que la muestra no fué previamente sometida a las destilaciones ácidas, se eliminará, aquí, del residuo del acetato de etilo, más fácilmente, a osmio y yodo, que si ello se hiciese al atacar la muestra.

Extracción del cromo (VI), por medio del acetato de etilo. — La solución con acidez ca. 2 M y conteniendo bromo libre, se agita a 10-12°C con unos dos volúmenes de acetato de etilo (temperaturas más altas, especialmente superiores a 15° empeorarán apreciablemente la extracción). Apenas terminada la decantación se extrae el solvente orgánico (preferiblemente con pipeta de extremidad curvada en un pequeño ángulo recto, para evitar la absorción de fase acuosa, lo que —de producirse— obligaría a una espera para la decantación dentro de la pipeta). El extracto se lava, en seguida —y manteniendo la baja temperatura— con 1/5 de su

(*) De otros elementos que a una determinada valencia son extraídos en proporción variable por el acetato de etilo (acidez clorhídrica), debe indicarse que el talio (III) fué insolubilizado en la fusión (y ulterior tratamiento oxidante de la solución), así como hierro y oro; teluro, arsénico (y selenio) están al máximo de valencia y no son apreciablemente extraídos.

volumen de solución de ácido clorhídrico 1-1,5 M. Este lavado se omitirá si se sabe que la muestra no contiene — o sólo poco — molibdeno o vanadio.

NOTAS. — En la presente extracción pasa más del 90 % del cromato, aun en presencia de menos de 0,1 µg. La eficiencia disminuye netamente al aumentar la temperatura, o la acidez, o el tiempo transcurrido (y peor si hay bromuro), todo lo cual es resultado de la acción reductora del acetato de etilo, a pesar del exceso de bromo presente. A una acidez menor la extracción disminuye; en cambio a una acidez mayor (p. ej. 4 M) apenas varía (*), aunque la reducción del cromato es más rápida, máxime si la temperatura es mayor: así, a 25°C, a una acidez 2 M se extrae algo más del 50 % del cromo, mientras que si aquélla es de 4 M, sólo será de 30-40 % (dos volúmenes de solvente, y extracción dentro de los 2-3 minutos). Otros solventes (butanol y alcohol amílico) son menos favorables; y menos aún el éter dietílico.

La extracción prácticamente cuantitativa de varios mg de cromato exige nuevas etracciones; pero, en virtud de que la mayor parte del cromo de la fase acuosa se encuentra reducido, se deberá previamente reevaporarla, para disminuir la cantidad de ácido, diluir y reoxidar con bromo en medio alcalino. En el actual procedimiento cualitativo se ha observado un solo caso de empeoramiento apreciable de la extracción, al realizar el ensayo con unos 10 mg de wolframio, en estado de complejo fosfo-, el cual, después del ataque térmico, pasa soluble en agua y luego se extrae apreciablemente con el acetato de etilo (a la vez que en parte precipita en la fase acuosa, al agitar con este solvente). No es tal la situación si ese complejo, previamente, se ataca por evaporación sulfúrica. En los demás casos, en que al acidificar la solución, para realizar la extracción aparezca un insoluble (silicato, wolframato), que no es normalmente muy apreciable, la adsorción de cromato es relativamente pequeña, y no altera los límites de perceptibilidad del método. En resumen, en un análisis cualitativo, sólo podrá ser necesaria una segunda extracción si, deseando llevar al máximo la eficiencia del método, aparece en esta etapa un insoluble, o si ha habido descuido en cuanto a temperatura o tiempo transcurrido, al realizar la primera.

TRATAMIENTO DEL EXTRACTO DE ATETATO DE ETILO. — Se lo evapora a seco, permitiendo la inflamación de los vapores, y soplando periódicamente. El residuo se trata por gotas de ácido nítrico y se evapora de nuevo, terminando con el agregado de otras gotas de ácidos nítrico y perclórico, y repitiendo la evaporación hasta casi sequedad, sin sobrecalentamientos (soplar al final, para acelerar la evaporación). Al residuo se le agrega 1,5-2 ml de agua, una

(*) Pero con la desventaja de una mayor extracción de molibdeno y vanadio.

o dos gotitas de bromo puro y las gotas necesarias de solución de hidróxido sódico (4 M), hasta neutralización del bromo y un exceso de unas dos gotas; después de hervir unos 15-30 segundos (*), se agrega, en caliente, gotas de solución de ácido perclórico (4 M) hasta aparición del bromo libre; se hierve para eliminarlo y se comprobará, por el agregado de una gota más de ácido, la no aparición de nuevo bromo, la cual de producirse exigirá nueva ebullición. Se cuidará que, después de la total destrucción del hipobromito, no exista una acidez muy superior a 0,8 M.

Notas. — El residuo seco del acetato de etilo presentará color azul, si hay molibdeno (con o sin fosfórico); negruzco (**), si es fosfowolfrámico; naranjado o rojizo, si es vanadio o cromo; en los demás casos el color es claro o blanco (excepto si, anormalmente, hubiese pasado p. ej. algo de oro, u otros). La evaporación nítrico perclórica, a la vez que oxida la materia orgánica, eliminará totalmente yodo y osmio (además, rutenio y una parte de lo poco que podría haber de mercurio, selenio, renio). Aun en ausencia de yodo y osmio, debe realizarse ese ataque, puesto que no sería conveniente aplicar la reacción subsiguiente del percrómico, en un volumen elevado de acetato de etilo; y su concentración por evaporación, llevaría a la reducción del cromato.

Idenfiticación del cromo (VI), por medio de la reacción del ácido percrómico. — A la solución enfriada a 10-12°C, se le agrega acetato en cantidad tal, que después de agitar haya 0,3-0,4 ml. Este solvente podrá tener color amarillo en los casos de exceso de cromato, o de algo de oro, o de restos de bromo, pero ninguno de los dos últimos supuestos será normal. A continuación se agregan dos o tres gotas de solución de peróxido de hidrógeno (3 %) y se agita: color azul en el solvente superior indica cromo, con un límite de perceptibilidad de 2 a 7 µg en la muestra analizada.

El color se mantiene casi inalterado unos minutos. Sin embargo, para cantidades de cromato presentes inferiores a 1 µg (acetato de etilo incoloro), se produce más rápidamente una reducción del percrómico en el acetato y en la fase acuosa, lo que debe tenerse

(*) Si, excepcionalmente, apareciese un insoluble, se lo separará por centrifugación.

(**) Un residuo, que haya sufrido un exceso de temperatura, podrá aparecer oscuro, debido a la carbonización de materia orgánica, o a rastros de óxidos de algunos elementos.

en cuenta si ha de aplicarse a continuación la reacción de la defenilcarbazida. Por lo tanto, si tal es el caso, en seguida después de la observación anterior se agrega más acetato de etilo (hasta ca. un volumen igual al de la fase acuosa), se reagita y acto continuo se lo extrae (libre de fase acuosa); a fin de aplicar sin dilación, la segunda reacción mencionada.

Respecto de la posibilidad de prescindir de la actual reacción para aplicar directamente la difenilcarmazida; o de comprobar, en el caso de haberla utilizado, si el cromo fué debidamente extraído de la fase acuosa, véanse las « Notas » subsiguientes.

NOTAS. — La sensibilidad directa del percrómico, en las condiciones indicadas, es de 0,8 μg de cromo (1 ml de fase acuosa, 0,3 ml de acetato de etilo, concentración 1 M o poco más en perclorato y 0,1-0,5 M en ácido libre). Si previamente se realiza una extracción del cromato por dos volúmenes de acetato de etilo, y se continúa con el tratamiento del método, la perceptibilidad es de ca. 2 μg. Por otra parte, ella puede empeorar apreciablemente cuando se opera con diversas sustancias, debido especialmente a coprecipitación y a las influencias que otros elementos presentes al final, tienen sobre la intensidad del color azul en el solvente orgánico, o sobre el coeficiente de extracción del compuesto, o sobre el equilibrio químico que le corresponde. Dentro de esta situación la aplicación ulterior de la difenilcarbazida —si la anterior fué negativa— será muy útil, puesto que, salvo el caso de una alteración muy desfavorable del equilibrio químico correspondiente a la formación del percrómico, aquel reactivo permitirá reconocer —gracias a su alta sensibilidad— la presencia de ínfimas cantidades de cromo originariamente presentes en la muestra, y a pesar de los otros factores desfavorablemente mencionados (*).

Respecto de otros solventes para la extracción: el butanol se comporta como el acetato de etilo; el alcohol amílico es menos favorable, mientras que el éter dietílico es aun menos conveniente, en cuanto a sensibilidad, coeficiente de extracción y estabilidad del compuesto. El acetato de amilo ha sido propuesto por Bishop y Dwyer (1). El coeficiente de extracción al acetato de etilo, para volúmenes iguales de ambas fases es de ca. 90 % o más y aun para menos de 0,1 μg de cromo; respecto del éter dietílico, Troitskii (8), los ha determinado, en ambiente de acidez clorhídrica, sulfúrica o nítrica.

La razón de emplearse en el actual método el ácido perclórico como agente neutralizante del hidróxido que actuó con el hipobromito, y acidificante, reside en el hecho de que, en presencia de iones cloruro o sulfato debe cuidarse la acidez para no perjudicar seriamente la sensibilidad (p. ej. concentración en ácido clorhídrico no muy diferente de 0,1 M). Con los iones perclorato y

(*) En solución pura se puede reconocer, por medio de la difenilcarbazida, y pasando por la etapa del percrómico, 0,03 μg de cromo.

nitrato la tolerancia es mayor; aunque no conviene exagerar, tal como ya se lo contempla en los detalles expuestos del método.

El factor temperatura es importante, no sólo en cuanto a la menor sensibilidad al aumentar aquélla, sino por la mayor rapidez de reducción del ácido percrómico. Si, además, ha de considerarse a esta reacción como medio de purificación para llegar a la de la difenilcarbazida deben tenerse en cuenta los factores temperatura y tiempo, puesto que toda ulterior reducción del ácido percrómico a cromo (III), inhabilita a aquella.

La especificidad de esta reacción puede considerarse completa, y sólo pocos iones afectan su sensibilidad. Cítanse (6) bismuto, iridio, teluro, hierro (II), titanio (III), talio (III), arsénico (III y V) y sobre todo, vanadio. A éstos deben agregarse yoduro (y bromuro, si hay gran exceso). Todos ellos han sido en su mayor parte separados, ya sea por la insolubilización después del ataque alcalino inicial, o al realizar la extracción del cromato, o al tratar el acetato de etilo. Respecto del vanadio, el empleo del acetato de etilo al realizar la extracción del compuesto percrómico, permite mayor tolerancia, pues en presencia de 1,5 mg (cantidad muy superior a la que llegaría a ese punto del análisis operando con algo más de 10 mg del elemento), se puede aun percibir, por la aplicación posterior de la difenilcarbazida, 0,2 µg de cromo, presentes antes de la oxidación por el hipobromito. El molibdeno (unos 2 mg ó algo más), se comporta análogamente. En muestras con exceso de fosfowolframato (y también en el caso del talio, si no fué debidamente separado con hidróxido y oxidante), se ha observado una disminución en la extracción del ácido percrómico; pero no se perjudican los límites de perceptibilidad que se indicarán para la reacción de la difenilcarbazida. Respecto de los iones del bromo: tal como se realiza la oxidación por el hipobromito y su ulterior tratamiento ácido, al final, el líquido contiene sólo poco bromuro (como se puede comprobar, puesto que aquél, tratado por bromato, apenas si produce débil color amarillo correspondiente a bromuro; y, en cambio, no da reacción, si se lo trata por bromuro, lo que indica ausencia de bromato). El fenol puede emplearse para anular el bromo libre, pues no altera la reacción, agregándolo antes o después del peróxido.

La repetición de la reacción del ácido percrómico puede ser necesaria si, accidentalmente, se descuidó, por ejemplo el factor temperatura; o si, debiéndose aplicar después la de la difenilcarbazida, se dejó pasar demasiado tiempo. En este supuesto la reoxidación del cromo (III), se realizará después de la eliminación, por calentamiento, del acetato de etilo, y teniendo en cuenta que los restos de acetato de etilo (y rastros de otros ésteres superiores) se saponificarán en medio alcalino, y los respectivos alcoholes serán oxidados y bromurados, reacciones que deben ser completadas con suficiente calentamiento y exceso de bromo, para asegurar la completa oxidación del cromo.

También podrá, ocasionalmente, ser necesaria la repetición de esta reacción sobre la fase acuosa exclusivamente, en el caso de que, después de haber separado el acetato de etilo se quiera comprobar la proporción de cromo persistente en aquella fase (pero sólo posible en ausencia de molibdeno o vanadio). Las observaciones que terminan de exponerse se aplicarán a este caso.

La reacción del ácido percrómico podrá ser omitida (si han sido correctamente ejecutadas las separaciones del insoluble de la disgregación y la extracción del cromato con acetato de etilo), y pasar directamente a la reacción de la difenilcarbazida, en el caso de ausencia de vanadio y molibdeno (o por lo menos, dentro de los límites que se indicarán al tratar esa reacción). En este caso se podrá emplear la solución preparada en la forma indicada para la reacción del percrómico. Pero, más simplemente, aunque empeorando un poco la sensibilidad (debido al mayor volumen de acetato de etilo), se podrá tratar el extracto, inmediatamente después de haberlo separado, por ca. la mitad de su volumen de agua, unas gotas de solución de ácido perclórico (4 M), gotas de solución alcohólica de fenol (10 %) (hasta reducción del bromo) y el reactivo. Un tercer procedimiento para esta situación (aconsejable si se teme una reducción del cromato contenido inicialmente extraído, o si se desea operar con la difenilcarbazida en presencia de menor volumen de solvente), consiste en agitar el acetato de etilo con 1-2 ml de agua, a la vez que se agregan gotas de solución de hidróxido sódico hasta decoloración del bromo libre. La fase acuosa alcalina se separa en seguida (para evitar que progrese el proceso de saponificación), se la somete a ebullición para eliminar restos del solvente, y a la ulterior oxidación completa con exceso de bromo y de álcali (color amarillo, debido al hipobromito), terminando en la acidificación, eliminación del bromo y aplicación del reactivo.

Identificación del cromo por la reacción de la difenilcarbazida. — Al acetato de etilo, separado de la reacción del ácido percrómico, se le agrega en seguida y a temperatura ambiente 1 a 2 ml de solución de ácido perclórico ca. 0,5 M y, 0,2 ml de solución de difenilcarbazida (0,5 %, en alcohol 96 %); dentro de algunos minutos (si no lo fué de inmediato), aparecerá el color rojo en el acetato de etilo, con un límite de perceptibilidad de 0,2 a 0,6 µg de cromo, referido a la muestra original (la cifra mayor corresponde a los casos de neto insoluble en la fusión, o presencia de exceso de molibdeno o vanadio). El acetato del testigo aparecerá débil amarillo; en muestras con exceso de molibdeno podrá aparecer un muy débil azulado o verdoso, que no impedirá obser-

var algún tono rojo debido al cromo (si existe); este tono, persistirá, si se agrega una gota de solución 0,05 M de ácido oxálico (si desaparece sería debido a molibdeno, en cantidad presente superior a lo que normalmente debía llegar aquí; un mayor agregado de oxálico atacará también apreciablemente al complejo del cromo). En presencia de vanadio, la fase acuosa presentará color amarillento parduzco, lo que significa una imperfecta separación previa en la reacción del ácido percrómico (en ese supuesto, el acetato de etilo puede presentar algún tono rojizo, no alterado por el ácido oxálico). En estos casos anormales se podrá confirmar el cromo (con empeoramiento de los límites de perceptibilidad), separando el acetato de etilo que contiene los complejos con la difenilcarbazida y sometiéndolo a destrucción nítrico-perclórica, para continuar con la oxidación por el hipobromito alcalino, eliminación del exceso de bromo y repetición de la reacción.

NOTAS. — La reacción de la difenilcarbazida acusa una sensibilidad de 0,01 µg para 1-2 ml de fase acuosa y 0,3 ml de acetato de etilo, en acidez perclórica 0,5 a 1 M, temperaturas de 15 a 30 °C (observando después de 2-3 min.). En ausencia del solvente orgánico se percibe 0,03 µg, y por otra parte, con un volumen de acetato de etilo de 3-4 ml se podrá percibir color con ca. 0,1 µg. La reacción permite bastante amplia elasticidad de condiciones sin alterar mayormente su comportamiento (*). Los ácidos perclórico, sulfúrico o nítrico (libre de compuestos nitrosos) se comportan análogamente; sin embargo, el primero tiene la ventaja de que, probablemente debido a una asociación molecular (y solvatación), aumenta considerablemente el coeficiente de extracción del complejo cromo(VI)-difenilcarbazida por el acetato de de etilo. Esta acción también se manifiesta si se opera en presencia de ácidos sulfúrico o clorhídrico y, después, se agrega el perclórico. Un exceso de este ácido aumenta la solubilidad del acetato de etilo en el líquido acuoso y puede llegar a formarse (máxime con el alcohol del reactivo), una sola fase; pero con sólo el agregado de más agua y, en todo caso, solvente orgánico, se normaliza el sistema. El butanol y el amílico (y hasta con algo mejor eficiencia que el éster), también extraen el complejo, pero no el éter (el primero de ellos, acusa mejor poder de extracción, en ausencia de perclórico; Cazeneuce [1b] ha propuesto el alcohol amílico). Un gran exceso de la solución alcohólica de difenilcarbazida molesta un poco, en el sentido de que el débil color amarillo que produce el reactivo en el acetato de etilo conducirá, en

(*) Si la acidez perclórica es muy baja, el complejo cromato-difenilcarbazida pasa con menor eficiencia al acetato de etilo. Una acidez superior no influye acentuadamente sobre la sensibilidad (aunque intervendrá la tendencia a producirse una sola fase), y, en todo caso, asegura mayor especificidad.

presencia de una ínfima cantidad de cromo, a color con tono naranjado, en lugar de rojo. Ese mismo tono se producirá si hubiese un vestigio de bromo libre (producto de oxidación del reactivo); conviene así, cuando se aplica esta reacción directamente, sin previa etapa del percrómico, agitar primeramente el líquido acuoso con el acetato, a fin de comprobar que es incoloro. Si no fuese éste el caso, se puede anular el bromo por medio del fenol, que no modifica la sensibilidad (ni aun en exceso; pero con la posibilidad de que un mayor volumen agregado de su solución alcohólica, pueda conducir a un sistema monofasial). En general, conviene eliminar el bromo por simple ebullición, máxime considerando que rutenio y cerio (IV) dan reacción coloreada con el fenol (los complejos sílico y fosfowolfrámico dan color amarillo, que desaparece al agitar con acetato de etilo).

Altas concentraciones de cloruros, bromuros, sulfatos, nitratos, fosfatos, fluoruros no afectan apreciablemente. Yodo, bromato y nitrito dan color amarillo hasta naranjado; peróxido afecta la formación del complejo con cromo, pero, en el caso del procedimiento descripto, la mínima porción que puede pasar al acetato de etilo, en la reacción del percrómico, no modifica casi la sensibilidad.

La sensibilidad de esta reacción aplicada después de la extracción del cromato con 2 volúmenes de acetato de etilo, tratamiento oxidante subsiguiente del solvente, aplicación de la reacción del percromato y final agregado de la difenilcarbazida al último acetato de etilo (todo de acuerdo con el método descrito), llega a ca. 0,1 µg de cromo.

Pocos elementos dan reacción visible en medio ácido con la difenilcarbazida, mencionándose en la literatura, a mercurio (I y II), molibdeno (VI), vanadio (V), hierro (III) y cobre (II); a pH mayor otros también dan complejos coloreados, siendo algunos extraídos por solventes orgánicos (benceno, cloroformo, etc.). Amplios detalles pueden consultarse en la obra de Welcher [11].

En la forma en que se aplica el reactivo en el presente trabajo, las condiciones operatorias son algo distintas, respecto de las que aparecen publicadas; como lo es la acidez perclórica y el empleo del acetato de etilo como medio de extracción. En tal forma, y aparte de que el gran exceso de algunos iones afectan la sensibilidad respecto del cromato (posiblemente debido a la producción de complejos incoloros), deben señalarse las coloraciones obtenidas en el solvente orgánico, con molibdeno (rojo violado), vanadio (amarillo parduzco o naranjado rojizo parduzco, que atenúa rápidamente), cobre (amarillo a naranjado), cobalto y hierro (amarillos), oro (amarillento, con algo de insoluble en la interfase), osmio (rojo oscuro), iridio (rosáceo). Reacciones éstas producidas al estado de valencia que resulta de un tratamiento oxidante previo con hipobromito alcalino y operando con centenas de µg (y hasta 1-2 mg) de cada elemento. A la acidez perclórica mencionada en el método ya descripto, los demás elementos no dan color. Otros, que presentan color en la fase acuosa, no lo dan en el acetato (rutenio y rodio; los colores del hierro y cobalto son sólo parcialmente extraídos). Cobalto,

cobre, hierro y oro, dentro de unos 100 µg (a algo más), permiten reconocer décimas de µg de cromo presentes; pero, sin el testigo, a veces, la interpretación sería dudosa, aparte de que puede producirse atenuación del color (dentro del minuto) correspondiente al cromo y cambio de tono de los otros. En particular interesan el molibdeno y el vanadio: el primero puede dar un tono rojo oscuro, resultado del color de su complejo con la difenilcarbazida, con algo de «azul de molibdeno» (debido a la acción reductora de aquella); el azul persiste en parte en la fase acuosa. Hasta algo más de 100 µg no molestan (en todo caso si se produce una ínfima cantidad de azul, sólo aparecerá oscurecido el tono correspondiente al cromo). Si la acidez fuese clorhídrica, ya 20 µg dan color amarillo que, dentro de pocos minutos, pasa a naranjado.

En presencia de 2 mg de molibdeno (sometiendo la solución —con y sin cromo— a la oxidación con el hipobromito, luego acidificar con ácido perclórico, eliminar el bromo y terminar con la aplicación directa de la difenilcarbazida), se puede aun reconocer el cromo (0,2 a 0,3 µg) si el acetato de etilo que contiene el complejo con el cromo y algo de molibdeno (el testigo da color rojizo obscuro), se somete a un lavado con solución 0,5 M de ácido perclórico (lo que disminuye el color debido al «molibdeno-difenicarbazida», pero dejando el azul), y a continuación se agrega una gota de solución de ácido oxálico, Feigl ([3]), 0,05 N, el cual ataca todo el restante complejo de molibdeno, pero también dejando el azul (y con la posibilidad de que éste —y más por acción del tiempo o temperatura— pueda aumentar, pasando en parte a la fase acuosa) (*). Como inconvenientes pueden mencionarse: la posibilidad de que el azul llegue a cubrir o hacer poco perceptible el color rojo debido al cromo; además la inseguridad de la acción del ácido oxálico, en el sentido de que un mayor exceso ataca también perceptiblemente al complejo del cromo, empeorando netamente el límite de perceptibildad (igual situación se produciría si este complejante se agregase antes del reactivo y con la posibilidad también de aumentar el azul). Sin embargo, con un límite de perceptibilidad de 0,4-0,5 µg de cromo, puede aplicarse una final etapa de confirmación: el acetato de etilo que resulta de la última operación mencionada (**), se somete a evaporación y destrucción nítrico-perclórica y al residuo, después de oxidación con hipobromito, se le aplica de nuevo la reacción de la difenilcarbazida.

En el procedimiento aceptado finalmente, tal como ha sido descrito en el texto principal, no hay dificultades, debido a la etapa separativa del ácido percrómico. En todo caso, si se operase sobre una muestra con más de 15 mg de molibdeno sería recomendable, no precisamente, realizar la confirmación por medio de la indicada separación y tratamiento del acetato de etilo que

(*) El ion fosfórico disminuye la posibilidad de reacción del molibdeno, pero es ineficaz sobre el complejo ya formado.

(**) Convendrá que haya suficiente exceso de difenilcarbazida, a fin de que se asegure una proporción suficiente de cromo combinado, puesto que el exceso presente de molibdeno tiende a consumir el reactivo.

proviene de la reacción con la difenilcarbazida, sino someter el residuo perclórico del acetato de etilo que resultó de la primera extracción del cromato, a una extracción (previa reducción con sulfito y reoxidación con bromo, en medio ácido, lo que deja al cromo (III) con acetato de etilo en un ambiente de acidez clorhídrica 4 M. La fase acuosa, con poco molibdeno, queda en condiciones (después de evaporarla y de ser reoxidada en medio alcalino), de aplicársele la reacción percrómica y siguientes operaciones. En este procedimiento la pérdida de cromo por extracción previa del molibdeno es menor que la que se producirá debido a la incompleta recuperación en la reacción de la difenilcarbazida.

Respecto del vanadio, 50 µg ya producen algo de rojizo en el acetato de etilo que puede no desaparecer completamente después de unos instantes, o si se calienta a unos 70-90°C (el color correspondiente al cromo persiste); ni, si el acetato de etilo extraído, se lava con solución de ácido perclórico, y se le agrega ácidos oxálico o fosfórico. Con unos 20 µg no hay interferencia (acetato poco amarillento) aunque la fase acuosa presenta apreciable color amarillento algo parduzco.

En el extracto acetato de etilo, de una solución ácida (2 M, en ácido clorhídrico), correspondiente a unos 10 mg de vanadio pueden pasar hasta algo más de 100 µg, lo que significa que, si directamente se aplica la difenilcarbazida, se obtendrá, en ausencia de cromo, y después de calentar y lavar el correspondiente acetato de etilo, un débil rojizo o naranjado (fase acuosa netamente amarillenta parduzca); aunque, si la muestra contenía pocas décimas de µg de cromo, el color será apreciablemente más intenso, lo que demuestra, a pesar del exceso de vanadio, de que el compljo de cromo aun puede formarse. Este último hecho permite que, a continuación, se pueda extraer el acetato de etilo; y después de su destrucción, se repita la reacción con la difenilcarbazida. El resultado es aceptable, por cuanto el testigo sólo da color débil amarillento, mientras que con 0,6-0,8 µg de cromo, puede notarse un tono rojizo, correspondiendo a casi el límite de apreciación.

Pero, pasando por la etapa de la extracción del percrómico, tal como fué expuesto en el método propuesto, se obtiene directamente con la difenilcarbazida, sin tratamientos ulteriores, un testigo poco amarillento, y perceptible rojizo (hacia el naranjado) con 0,3 µg de cromo. Este límite podría ser algo mejor si no se produjese algo de reducción del vanadio en la primera extracción de la solución clorhídrica 2 M (la fase acuosa aparece ligeramente verdosa), lo cual, probablemente, induce algo el proceso de reducción del cromo.

Bibliografía

(1) Bishop, W. B. S., y Dwyer, F. P. — *Australian Chem. Ind.*, 2, 278 (1935). Ver Welcher (cita 11), II, 237.

(1a) Brookshier, R. K. y Freund, H. — *Analyt. Chem.*, 23, 1110 (1951).

(1b) Cazeneuve, P. — *J. Pharm. Chim.* (6), (12), 150 (1900); *Compt. Rend.*, 131, 346 (1900); *B. Soc. Ch. Fr.*, 23, 701 (1900).

(2) De Koninck, L. L. — « Traité de Chimie Analytique Minérale », II, 261 (1911).
(2a) Foster, M. D. — *U. S. Geological Survey Bull.*, 950, 15, (1946).
(3) Feigl, F. — « Qualitative Analysis by Spot Tests » (1946).
(4) Lapin, L. N. — *Z. Anal. Chem.*, 102, 418 (1935).
(5) Nieuwenburg, Böttger, Feigl, Komarovsky y Strafford. — « Tables of Reagents for Inorganic Analysis » (Primer Informe, Unión Internacional de Química, 1938).
(6) Nieuwenburg, Gillis y Wenger. — « Reactifs pour l'Analyse Qualitative Minérale » (Segundo Informe, Unión Iinternacional de Química, 1945).
(7) Rudisule, A. — « Nachweis, Bestimmung und Trennung der Chemischen Elemente ». V, 956 (1918).
(8) Troitskii, K. W. — *Zhur. Anal. Khim*, 9, 51 (1954). Según: *Chem. Ab.* (1954).
(9) Vanossi, R. — *Anales Asoc. Quím. Arg.*, 36, 155 (1948).
(10) Vanossi, R. — *Anales Asoc. Quím. Argentina*, 43, 151, (1955).
(11) Welcher, F. J. — « Organic Analytical Reagents », III (1947).
(12) Weinhardt, A. E. y Norman Hixon, A. — *Ind. Eng. Chem.* 43, 1676 (1951).

NECROLOGÍA

INGENIERO ENRIQUE M. HERMITTE

† 28 DE ENERO DE 1955

La muerte del ingeniero Enrique M. Hermitte ha significado una pérdida notoria para la obra científica argentina y para nuestra institución, que contábale entre sus socios desde muchos años atrás.

El profesor Hermitte formó su cultura intelectual en los viejos claustros de las universidades francesas; de allí trajo su diploma de ingeniero de minas, para comenzar en seguida en el país una labor de especialización, tan profícua y vasta como sostenida, para señalarse en la función pública, en la cátedra universitaria y en la alta jerarquía académica.

En el orden administrativo, el ingeniero Hermitte organizó y dirigió la Dirección General de Minas e Hidrología, dependiente del Ministerio de Agricultura, a la que dedicó sus más nobles afanes y aportó lo mejor de su inteligencia. La exploración y explotación mineras habían tenido hasta entonces muy escaso desarrollo; la República Argentina ignoraba su verdadera riqueza mineralógica, base hoy de una valiosa contribución a la economía nacional y el técnico especialista que abordó ese oscuro problema supo darle tal impulso, con su asiduidad en la tarea y con la perseverancia en la acción, que despejó el horizonte de esa forma de la vida nacional para mostrar los variados recursos de una explotación que paulatinamente fué creciendo en intensidad y en extensión, señalando los rumbos más certeros desde los momentos iniciales. Y hoy, que tanto ha entrado en el comentario público lo que significa el petróleo argentino y su más adecuado aprovechamiento, es el momento de recordar lo que en todo ello se debe al ingeniero Hermitte cuando, cincuenta años atrás, se descubre la existencia del valioso combustible y hay que organizarlo todo, de manera improvisada, para utilizar tan magnífico aporte de la naturaleza a la

riqueza nacional. Con desconfianza sobre el futuro de tal aprovechamiento, sin conocimiento concreto de la extensión, profundidad y difusión de los yacimientos, sin personal idóneo ni técnicas mecánicas apropiadas para la extracción — tratábase de un renglón enteramente nuevo en la economía argentina — el ingeniero Hermitte afrontó la tarea en circunstancias muy poco favorables y no fueron escasamente discutidas sus ideas al respecto, pero menester es reconocer ahora los jalones que él plantó, en la lejana época de los comienzos vacilantes, en la gran organización que en la actualidad ha llegado a representar lo que traduce las difundidas siglas Y.P.F. Yo conservo en mi recuerdo una satisfacción espiritual que me fué dado proporcionarle por aquellos alejados días del año del Centenario. Celebrábase en Buenos Aires, por iniciativa de la *Sociedad Científica Argentina,* el Congreso Científico Sudamericano de 1910 y en una Sección Petróleo que el ingeniero Hermitte presidía, suscitó una discusión el tema relacionado con la obtención y utilización del valioso combustible, que comenzaba a ser aprovechado entre nosotros — han transcurrido 45 años desde entonces ...—; al término de esas exposiciones, con enfoques distintos y opiniones encontradas, hice fundadamente la moción de tributar un voto de aplauso al reputado profesional por su desempeño en la tarea que con relación al petróleo realizaba desde la Dirección General de Minas y la idea mereció la cálida acogida y sanción unánime: era una compensación moral para sus desvelos e inquietudes, al margen de cualquier disidencia respecto de las normas puestas en práctica en el planteo y desarrollo del importante problema abordado.

Durante muchos años en la Facultad de Agronomía y Veterinaria, y por un período menor en la Facultad de Ciencias donde sucedió al ingeniero Eduardo Aguirre, tuvo a su cargo la enseñanza de la mineralogía, en el carácter de profesor titular. La cátedra, como la función oficial en la administración pública, eran para él motivo de una constante preocupación y fueron proverbiales su puntualidad y rigurosa asistencia: jamás llegaba tarde y sus alumnos no podían darse el gusto de que en alguna hora del año faltase su profesor para ese placer sencillo de proporcionarse un solaz dentro del horario de estudios fijado por la Facultad.

Su ingreso como miembro de número a la Academia Nacional

de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales marcó para él una designación bien merecida y en el seno de ese alto cuerpo, en más de una ocasión, se ocupó de estudios vinculados a la mineralogía, explotación petrolífera y yacimientos de carbón. Un día, en el goce de su retiro por jubilación y afectado por síntomas de enfermedad, se consideró incapacitado para continuar en la Academia y presentó su renuncia. Inútiles fueron las gestiones para disuadirle de esa determinación, pues que siempre resultaba ventajosa su permanencia en la docta corporación; su firme resolución debió ser aceptada y entonces, los que fuimos sus compañeros acordamos, por unanimidad, otorgarle la máxima distinción al nombrarle académico honorario y quiso el destino que hallándose provisionalmente en ejercicio de la presidencia de la Academia quien escribe esta nota recordatoria, tuviera el honor de poner en sus manos, en sesión pública, el diploma que le acreditaba en tan elevada dignidad personal.

La *Sociedad Científica Argentina* deja registrada así, de modo perdurable, en las páginas de sus Anales, la evocación de una vida ennoblecida por el trabajo y favorecedora de la cultura del país, rindiendo con ello un sentido homenaje a la memoria del malogrado ingeniero Hermitte.

A. Sánchez Díaz.

ARQUITECTO EDUARDO CARRIZO VITA

† 15 DE AGOSTO DE 1955

En la cátedra, en la función pública, en el campo profesional, el arquitecto Eduardo Carrizo Vita, destacado asociado de nuestra Sección San Juan desaparecido recientemente, desplegó relevante actividad. Fué profesor de diversas materias en la Escuela Hogar Agrícola General San Martín, en la Escuela de Minas, en la Escuela de Minas e Industrial, todas instituciones ubicadas en la ciudad de San Juan; desde 1942 hasta su fallecimiento fué profesor titular de Arquitectura de la Universidad Nacional de Cuyo.

Durante una década fué director de Obras Públicas de la Municipalidad de San Juan, y alternó sus tareas docentes con la preparación de trabajos profesionales — que en algunas oportuni-

dades fueron motivo de honrosas distinciones en concursos públicos — y con actuaciones en congresos y comisiones técnicas, llevando a ellos a menudo la representación de elevados organismos oficiales. Ante la temprana desaparición del arquitecto Carrizo Vita, agregamos nuestra pena a la muy profunda que agobia a nuestros consocios de San Juan.

BIBLIOGRAFÍA

STEPHENS, C. G. *Soil Surveys for Land Development.* Editor, Food and Agricultural Studies Nº 20, 1 vol. XII + 110 págs., profusam. ilustrado. Roma, Italia, marzo de 1953. Precio U$S 1.00.

El destacado geógrafo-edafólogo australiano C. G. Stephens, director del Levantamiento Edafológico de Australia del Sur, ha tenido a su cargo la preparación de esta excelente y útil monografía en la que colaboraron veinte especialistas internacionales.

La inquietante perspectiva de un mundo superpoblado y subalimentado viene destacando la importancia de poner en práctica los métodos científicos más modernos para conseguir el máximo provecho de los recursos edáficos e hidrológicos, atendiendo a prácticas que permitan también conservarlos para la posteridad. Dando base a dichos métodos se sitúa el conocimiento preciso de la extensión geográfica y de la ubicación de los diferentes suelos. Sobre cómo y para qué se debe elaborar este conocimiento trata la publicación que comentamos, sin pretender convertirse en un manual sobre el procedimiento técnico a seguirse para relevar suelos. La misma —así se sostiene en el prólogo—, se propone llegar a los poderes públicos y funcionarios competentes en el asunto para destacar la trascendencia de aplicar los modernos métodos modernos de clasificación y cartografía de los suelos, tratando de estimular estas disciplinas que ya han tomado desarrollo en numerosos países donde los relevamientos de suelos se utilizan ampliamente en la actualidad para promover un aumento de la eficiencia agrícola y silvícola, el desarrollo de nuevas tierras para la producción de alimentos y otros productos primarios y, además, en campos pertenecientes a la ingeniería.

La monografía trata los siguientes puntos: *a*) Propósitos y usos de la clasificación y cartografía de los suelos; *b*) Las técnicas del levantamiento y de la cartografía de los suelos; *c*) La memoria descriptiva correspondiente; *d*) La clasificación de los suelos; *e*) La organización oficial de la tarea de clasificación y cartografiar los suelos; *f*) Sugestiones y recomendaciones y *g*) Literatura citada.

Son particularmente valiosos y precisos los capítulos sobre los propósitos

y usos de la clasificación y cartografía de los suelos y los referentes a la organización oficial de la tarea de clasificar y cartografiar los suelos, y el de sugestiones y recomendaciones.

Constituye esta monografía un interesante aporte a la bibliografía escasa existente sobre el tema, resultando de especial valor para nuestro medio donde, sin duda, en los próximos años la incipiente labor de clasificación y cartografía de los suelos iniciada hace muy pocos años se intensificará y será necesario atender a un mayor adiestramiento de los ingenieros agrónomos en dicha especialización, en cuyas manos deberá estar el cultivo de estas disciplinas, para su participación en planes de tanta importancia práctica como los mencionados.

La obrita se destaca por su pulcra presentación, característica de las publicaciones de la misma serie, y se halla acertadamente ilustrada.

E. I. C.

CALIDAD · SERVICIO · COOPERACION

CEMENTO SAN MARTIN PORTLAND · CEMENTO INCOR PORTLAND

COMPAÑIA ARGENTINA DE CEMENTO PORTLAND

RECONQUISTA 46 (R 3) BUENOS AIRES ● SARMIENTO 991 ROSARIO

C. E. - 148

MINERALES Y METALES

SOC. RESP. LTDA.

Cap. $ 4.000.000.--

✦

COMPRADORES
Y
EXPORTADORES
DE
MINERALES

✦

Avda. BELGRANO 1670 - Bs. As.

T. E. 37-1026

WILLIAMS QUIMICA Y TECNICA S. A.

Comercial, Industrial, Inmobiliaria y Financiera

Dirección Telegráfica
"WILCHENCO"

Avda. Belgrano 1666/70 Buenos Aires T. E. 38, Mayo 9001

Sección Productos Químicos para la Agricultura y Ganadería

- Herbicidas: Con los ácidos 2-4-D y T.C.A. como principios activos.
- Insecticidas: Formulaciones a base de D.D.T., Clordane, Dieldrin, Metoxiclor.
- Fungicidas y Hormonas de uso agrícola.

SOLIS 229
T. E. 45 Congreso 1436 y 0745
Buenos Aires

Drogas y Productos Químicos Industriales

ENTRE OTROS:

Aceite de Pescado	Explosivos para Minería
Acido Clorhídrico	Hipoclorito de Sodio
Acido Nítrico	Litargirio
Acido Sulfúrico	Metasilicato de Sodio
Arsénico	Minio
Atlas Tween	Nitrobenzol
Azufre	Parafina
Bicarbonato de Sodio	Polvo Verde
Bicromato de Potasio	Resinas
Bicromato de Sodio	Sal Gruesa
Blanco fijo	Sales de Bario
Bromuro de Potasio	Sales de Estroncio
Bromuro de Sodio	Silicatos Sodio y Potasio
Carbonato de Sodio	Soda Cáustica
Carburo de Calcio	Sulfato de Cobre
Cloruro de Calcio	Sulfato de Aluminio
Etyl Xantato de Potasio	Sulfuro de Sodio

SECCION IMPORTACION

REPRESENTANTES DE FABRICAS DE PRODUCTOS QUIMICOS DE ESTADOS UNIDOS, INGLATERRA, FRANCIA, HOLANDA, ALEMANIA, etc.

A los poseedores de Permisos de Importación rogamos solicitar cotizaciones

Av. BELGRANO 1670, 1° piso Buenos Aires T. E. 37 Riv. 4181

COMPAÑIA DE SEGUROS DE VIDA
SUD AMERICA
Av. R. SAENZ PENA 530 - BUENOS AIRES

Seguros de vida en vigor.

$ 2.231.838.310 m/l.

Reservas Técnicas.

$ 255.392.562,96 m/l.

Pagados a Asegurados y Beneficiarios desde 1923.

$ 257.914.707,85 m/l.

CRISTALERIAS MAYBOGLAS

Sociedad de Responsabilidad Limitada
CAPITAL $ 1.000.000 m/n

MyB M. R.

ENVASES DE VIDRIO - TUBOS DE VIDRIO

Escritorio:
Cóndor 1625
T. E. 61-0212

Fábrica:
Tabaré 1630
T. E. 61-1480

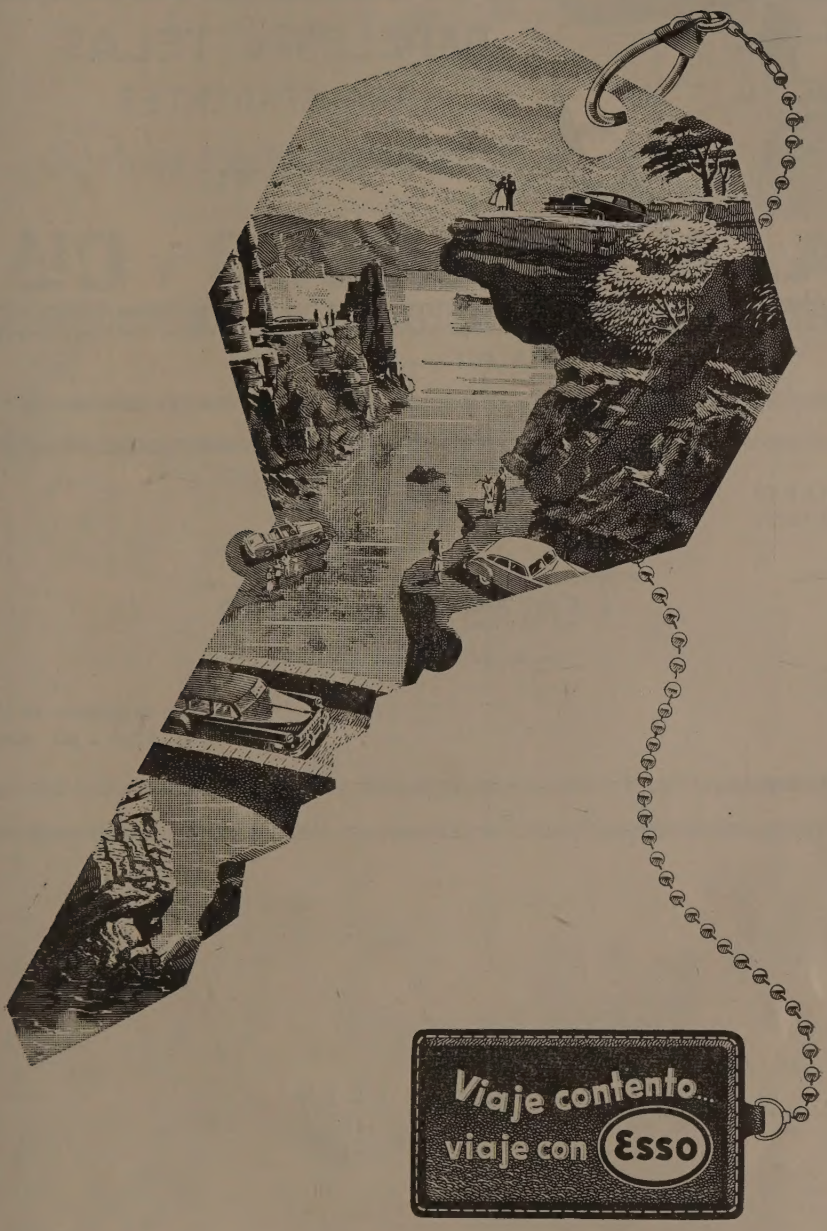
ARIENTI y MAISTERRA

Soc. de Resp. Ltda. - Capital m$n 1.600.000

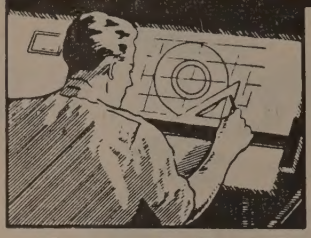
EMPRESA CONSTRUCTORA

CAÑOS DE HORMIGON

Av. VELEZ SARSFIELD 1851 - T. A. (21) 0075 - BUENOS AIRES


Viaje contento...
viaje con
Esso

COPIAS DE PLANOS



PAPELES y TELAS
TRANSPARENTES
Material para dibujo

A.& M. CASASCO y CIA

Central: CORDOBA 1836 · Suc. RIVADAVIA 589 Bs. As. Rosario RIOJA 867

LIMA 461 — ALSINA 434

TALLERES GRAFICOS

"TOMAS PALUMBO"

VIUDA DE PALUMBO E HIJOS

LA MADRID 311-325
21 - 1733 - Bs. AIRES

DISPONIBLE

FrancVal **José Franchini Ltda.**

CAPITAL $ 1.000.000.- m/n.

CARABELAS 2398 - AVELLANEDA - T. E. 22-4015

ALCOIL A S

NATURALEZA:
"alquil aril sulfonato sódico".

FORMULA QUIMICA:
$C_{18}H_{29}SO_3Na$ (la molécula representada en el dibujo).

REACCION:
neutra.

ANALISIS QUIMICO: (a)

% ingrediente activo	24-26
% sales inorgánicas	< 6
% H20	68-70
Alcalinidad libre ($\%CO_3Na_2$)	< 0.5
% cenizas	<8

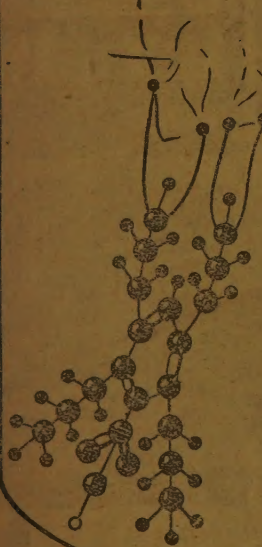
DATOS FISICO - QUIMICOS:
tensión superficial (solución 4 ‰): 31.7 dinas/cm.
p25 (b) : 0.5 ‰.

APARIENCIA: (c)
pasta gelatinosa, amarillento clara, soluble en las concentraciones normales de uso.

USO ESPECIFICO:
humectante para la industria textil.

OTROS USOS:
debido a sus propiedades detergente, mojante, penetrante, emulsificante, dispersante, reducción de tensión superficial, puede llenar diferentes necesidades de las industrias textiles, jaboneras, metalúrgicas, papeleras, curtiembres, pinturas, "agua mojada" (lucha contra incendios), insecticidas agrícolas y ganaderas, concentración de minerales por flotación, etc.

a) INGREDIENTE ACTIVO: La suma de: materia grasa total, SO_3 combinado, y Na combinado.
b) p25: ingrediente activo necesario (‰), para hundir la madeja en 25 seg. (ensayo de humectación Draves).
c) ALCOIL ASS 20 y ALCOIL ASB 20: son productos en polvo.



Sabía Vd.

que ya en 1931...

en un pequeño local elaborábamos las primeras partidas del humectante a base de alkilnaftalensulfonato sódico en un autoclave de tres litros, agitado a mano? Entre los modernos alquilaril de nuestra fabricación presentamos con orgullo:

ALCOIL AS

SQUIBB

A la vanguardia

en la elaboración e investigación de antibióticos.